



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**“Composición y dominancia de especies
hidrófitas emergentes y captura de nitrógeno y
fósforo en humedales de agua dulce en
Michoacán, México”**

TESIS

Que como requisito para obtener el grado de

MAESTRA

en Conservación y Manejo de Recursos Naturales

Presenta:

Yazmín Escutia Lara

Director de Tesis:

Dr. Roberto Lindig Cisneros

Morelia Mich., Febrero de 2008



**FACULTAD
DE
BIOLOGIA**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Con estas palabras quisiera expresar mi gratitud a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo.

Especialmente a mis padres por brindarme su apoyo y cariño en todos los sentidos, además de otorgarme su confianza, creer en mí en cualquier aspecto, para un logro tan importante en mi formación personal.

A mi hermano con todo cariño, por la paciencia y por estar conmigo incondicionalmente.

A mi tío J. L. Gerardo por su cariño, sus consejos, pero sobre todo por haber creído siempre en mí para lograr cualquier cosa.

A mi amiga Mariela Mora por haber estado conmigo en todo momento.

Para la realización de esta investigación se contó con el apoyo de diferentes instituciones, alumnos, maestros y sinodales, sin los cuáles no se habría podido efectuar, para todos ellos mi más sincero agradecimiento.

A los integrantes de mi comité revisor, integrado por la M.C. Tohtli Zubieta Rojas, M.C. Martina Medina Nava, Dra. Sabina I. Lara Cabrera y el Dr. Javier Ponce Saavedra, quienes aportaron su valioso conocimiento y paciencia para el desarrollo de esta investigación.

A mi director de tesis, el Doctor Roberto Lindig Cisneros, por la paciencia y tiempo prestado durante la realización del trabajo, tanto en campo, como en el laboratorio y hasta la redacción del escrito final.

A mis compañeros del Laboratorio de Ecología de Restauración, Oscar, Arnulfo, pero en especial a Mariela y Esteban, quienes siempre estuvieron conmigo y que sin ellos no se hubiera podido llevar a cabo esta investigación.

A mis amigos y compañeros del Laboratorio de Biología Acuática, Chayito, Diego, Ceballos, Libny, Cesar, Marbe, Ivón, y en especial a Reyna por su apoyo y comprensión en todo momento.

A Lili por ser mi amiga y por tenernos siempre toda la documentación a tiempo, ya que sin ella, esto no se podría lograr.

A mis compañeros de clase, Juan Pablo, Brenda por los momentos que compartimos y en especial a Rebe, por estar siempre en las buenas y en las malas.

AGRADECIMIENTOS

A Vero por su apoyo en la parte administrativa del Posgrado de Maestría.
Al Dr. Ricardo Pérez, por su apoyo y como coordinador del Posgrado de Maestría.
A todos mis maestros, ya que fueron importantes durante mi formación académica.
A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, División de Posgrado, Facultad de Biología, por las facilidades y apoyo durante la realización de esta investigación.
A la Universidad de Wisconsin a través del Alumni Research Found por un donativo del Sr. Ed. Weigner, quienes contribuyeron para el desarrollo de esta investigación.
Al Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, mediante su apoyo por parte del macroproyecto “Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano” (SDEI-PTID-02) por el financiamiento parcial del proyecto.
A todas estas personas, así como otras demasiado numerosas para mencionarlos, y que de alguna manera intervinieron en la elaboración de este trabajo.

Mil gracias

Yazmín Escutia Lara.

RESUMEN

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el período comprendido de mayo del 2005 a septiembre del 2006, en los humedales del manantial de La Mintzita, y consistió en una comparación con los humedales del Lago de Pátzcuaro y el Lago de Zacapu, Michoacán.

Debido a la falta de información sobre la dinámica de humedales de agua dulce se llevó a cabo un estudio de campo para relacionar factores fisicoquímicos con la presencia, abundancia y distribución de hidrófitas emergentes, en el humedal de La Mintzita. Se elaboró un listado florístico de las hidrófitas emergentes y se determinó la relación entre la riqueza de especies y las concentraciones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) antes y después de incendios provocados. Se identificaron 35 especies durante 2005, se perdieron 9 especies el siguiente año. Entre las que se conservan, destacan especies indicadoras de niveles de conservación altos para este tipo de humedales como *Carex* spp. También se encontraron manchones de la especie invasora introducida *Phragmites australis*. El humedal sufre descargas antrópicas de nutrientes, en particular nitrógeno, que favorece a *Typha domingensis* una especie nativa que puede actuar como una especie invasora. Se detectó una correlación negativa entre la concentración de nitrógeno y la riqueza de especies nativas y una positiva entre la abundancia de *Typha* y la concentración de nitrógeno.

Al realizar una comparación con los datos obtenidos en los humedales del Lago de Pátzcuaro y los humedales del Lago de Zacapu, se encontró que los humedales de Pátzcuaro presentan una marcada pérdida de especies y son monotípicos, dominados por *T. domingensis* y *T. latifolia*, en tanto que los humedales del Lago de Zacapu, sólo presentan zonas en las que *T. domingensis* desplaza a las otras especies, sin embargo la tendencia es a que los pocos humedales que aun persisten desaparezcan por modificaciones hechas por el hombre, en tanto que los humedales de La Mintzita si bien, son los que aun se encuentran en un mejor estado de los tres sitios estudiados, de continuar incrementándose los aportes de nutrientes podrían llevar a que *T. domingensis* se vuelva una especie dominante.

En los estudios realizados en los mesocosmos se encontró que *S. americanus* respondió de manera significativa a la adición de la combinación de nitrógeno y fósforo, presentando un

RESUMEN

aumento considerable en su biomasa aérea, en tanto que *T. domingensis* incrementó el número de rizomas por la adición de nitrógeno.

Nuestros resultados sugieren que *S. americanus* incrementará su cobertura porque responde al nitrógeno y las adiciones de fósforo, y responde particularmente bien a la combinación de ambos. Ambos nutrientes han aumentado en respuesta a las diferentes perturbaciones antropogénicas. En tanto que *T. domingensis* responde a la adición de nitrógeno, y si las concentraciones de este nutriente continúan incrementándose podría desplazar a *S. americanus*.

Los resultados obtenidos permiten proponer medidas de manejo y restauración para el humedal de La Mintzita y otros similares que son de gran importancia por su valor biológico. En términos de manejo se deben de controlar los aportes de nitrógeno por medio de prácticas agrícolas adecuadas en las partes altas de la cuenca y evitar algunas actividades que tienen alto impacto sobre la calidad del agua como la descarga directa de contaminantes a los humedales. Con respecto a los incendios se requiere información más detallada pero con lo que se sabe hasta la fecha incendios frecuentes nos son recomendables pero incendios ligeros favorecen a las especies características del humedal.

Palabras clave: humedal, dinámica, nutrientes, diversidad, incendios, abundancia.

SUMMARY

SUMMARY

The present work was undertaken between May, 2005 and September 2006, in the wetlands of the spring of the Mintzita, and consisted in a comparison with the wetlands of the Lake of Patzcuaro and the lake of Zacapu, Michoacan.

Due to the lack of information on the dynamics of fresh water wetlands a field study was conducted to relate physiochemical factors with the presence, abundance and distribution of emergent hydrophytes, in the wetlands of The Mintzita, in Michoacan. A floristic list of the emergent was obtained and the relationship between species presence and abundance the concentrations of nutrients (nitrogen and phosphorus) was determined before and after provoked with fires. 35 species were identified during 2005, and 9 species were lost the following year. Among those that persisted were some indicative of high conservation levels for this land of wetlands like *Carex spp.* They were also stands of the introduced invasive species, *Phragmites australis*. The wetland suffers anthropogenic discharges of nutrients, in particular nitrogen that favors *Typha domingensis*, a native species that can act like an invasive species. A negative correlation was detected between nitrogen concentration and the wealth of native species and a positive one between the abundance of *Typha* and nitrogen concentration.

When carrying out a comparison with the data obtained from the wetlands of the Lake of Patzcuaro and the wetlands of the Lake of Zacapu, it was found that the wetlands of Patzcuaro presented a marked loss of species and that they are monotypic, dominated by *T. domingensis* and *T. latifolia*, wetlands of the Lake of Zacapu, only presented areas where *T. domingensis* displaced other species, however the tendency is that the few persisting wetlands disappear because of human modifications. The wetlands of The Mintzita will be in a better state at conservation of the three places studied, but if nutrients continue to increase *T. domingensis* may become a dominant species.

In the studies carried out in the mesocosmos it was found that *S. americanus* responded in a significant way to the addition of the nitrogen-phosphorus combination and match, presenting a considerable increase in its aerial biomass, as long as *T. domingensis* increased in the number of rhizomes in the nitrogen addition treatments.

SUMMARY

Our results suggest that *S. americanus* will increase because it responds to the nitrogen-phosphorus additions, and that responds particularly well to the combination of both. Both nutrients have increased in answer to the different anthropogenic disturbances. In comparison *T. domingensis* responds only to nitrogen addition, and if the concentrations of this nutrient continue to increase it could displace *S. americanus*.

These results allow proposing management and restoration measures for the wetlands of The Mintzita and other similar sites that are of great importance for their biological value. In management terms nitrogen imputes need to be reduced by means of appropriate agricultural practices in the high parts of the basin and avoiding some activities that have high impact on the quality of the water, like direct discharge of pollutants to the wetlands. With regard to fires, detailed information is required, but with what are known, frequent fires of low intensity favors characteristic species of the wetlands.

Words key: Wetlands, dynamics, nutrients, diversity, fires, abundance.

CONTENIDO

CONTENIDO

	Páginas
Resumen.iii
Summary.	v
I. Introducción general.	1
II. Antecedentes generales.	5
III. Descripción del área.	9
IV. Justificación.	14
V. Objetivo general.	15
VI. Objetivos particulares.	15
VII. Hipótesis.	16
VIII. Resultados.	17
Capítulo I.	18
Resumen.	18
Abstract.	19
1.1. Introducción.	20
1.2. Materiales y métodos.	23
1.2.1. Trabajo de campo.	23
1.2.1.1. Salidas a campo.	23
1.2.1.2. Sitios de muestreo.	23
1.2.1.3. Muestreos.	25
1.2.2. Trabajo de laboratorio.	26
1.2.3. Trabajo de gabinete.	26
1.3. Resultados.	27
1.4. Discusión.	38
1.5. Conclusiones.	40
1.6. Bibliografía.	41

CONTENIDO

Capítulo II.44
Resumen.44
Abstract.	45
2.1. Introducción.	46
2.2. Materiales y métodos.	49
2.2.1. Trabajo de laboratorio.	49
2.2.2. Trabajo de gabinete.	51
2.3. Resultados.	52
2.4. Discusión.	57
2.5. Conclusiones.	60
2.6. Bibliografía.	61
IX. Discusión general.	64
X. Perspectivas y/o recomendaciones.	66
XI. Bibliografía complementaria.	67

RELACIÓN DE TABLAS

RELACIÓN DE TABLAS

CAPÍTULO I

Páginas

Tabla 1. Ubicación de las coordenadas geográficas de los cinco sitios de colecta de La Mintzita.	24
Tabla 2. Lista de las especies encontradas en los tres humedales de colecta (donde el 0 significa ausencia y el 1 la presencia de las especies).	28
Tabla 3. Índice de Jaccard y Sorensen para los humedales de La Mintzita, Zacapu y Pátzcuaro.	36

CAPÍTULO II

Tabla 1. Respuesta de <i>Typha domingensis</i> y <i>Schoenoplectus americanus</i> a los diferentes tratamientos en los mesocosmos (media y errores estándar).	56
Tabla 2. Análisis de covarianza con datos transformados (log), de biomasa aérea de <i>Typha domingensis</i> en respuesta al cambio en el número de tallos de <i>Schoenoplectus americanus</i> (Ch. N. S.) como covariable y los efectos del nitrógeno, fósforo, y la combinación de ambos nutrientes como variables.	53
Tabla 3. Análisis de covarianza para el número rizomas de <i>Typha domingensis</i> que crecieron durante el experimento. El cambio en el número de tallos de <i>Schoenoplectus americanus</i> (Ch. N. S.) fue usado como covariable debido al fuerte efecto en el mesocosmo control. Los efectos de nitrógeno, fósforo y la combinación de ambos nutrientes fueron usados como variables.	54

RELACIÓN DE FIGURAS

RELACIÓN DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Páginas

Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio, en el estado de Michoacán, México.	13
Figura 2. Fotografía del humedal de La Mintzita.	17
Figura 3. Fotografía de los mesocosmos al finalizar el experimento.	17
Figura 4. Ubicación de los sitios de colecta en los humedales de La Mintzita, Michoacán, (se ubicaron cinco puntos, iniciando de derecha a izquierda).	23
Figura 5. Ubicación de los sitios de colecta en los humedales de Zacapu, Michoacán.	24
Figura 6. Ubicación de los sitios de colecta en los humedales del Lago de Pátzcuaro, Michoacán.	25
Figura 7. Riqueza de especies para los tres sitios de colecta.	27
Figura 8. Diversidad de especies en la época de lluvia del 2005 en los humedales de La Mintzita como el Índice de Shannon (H').	30
Figura 9. Diversidad de especies en la época de sequía del 2005 en los humedales de la Mintzita como el Índice de Shannon (H').	30
Figura 10. Diversidad de especies en la época de lluvia del 2006 en los humedales de La Mintzita como el Índice de Shannon (H').	31
Figura 11. Diversidad de especies en la época de sequía del 2006 en los humedales de La Mintzita como el Índice de Shannon (H').	31
Figura 12. Diversidad de especies en la época de lluvia del 2006 en los humedales del Lago de Zacapu como el Índice de Shannon (H').	32
Figura 13. Nitratos y fosfatos en los diferentes transectos de los humedales de La Mintzita 2005.	32

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 14. Nitratos y fosfatos en los diferentes transectos de los humedales de La Mintzita 2006.33

Figura 15 Dendograma que muestra la agrupación de los transectos de la época de lluvia del 2005 en La Mintzita. Elaborado con UPGMA y el % de similitud.34

Figura 16. Dendograma que muestra la agrupación de los transectos de la época de lluvia del 2006 en La Mintzita. Elaborado con UPGMA y el % de similitud.34

Figura 17. Dendograma que muestra la agrupación de los transectos de la época de sequía del 2005 en La Mintzita. Elaborado con UPGMA y el % de similitud.35

Figura 18. Dendograma que muestra la agrupación de los transectos de la época de sequía del 2006 en La Mintzita. Elaborado con UPGMA y el % de similitud.35

CAPÍTULO II

Figura 1a. Representación esquemática de un mesocosmo que muestra de manera simplificada las dimensiones y las conexiones necesarias para el diseño experimental.49

Figura 1b. Fotografía de los mesocosmos instalados.50

Figura 2. Respuesta de *Typha domingensis* a la adición de nitrógeno como el incremento en el número de rizomas después del período experimental. Esto como efecto por el incremento en el número de tallos de *Schoenoplectus americanus* en el mesocosmo control donde el número de rizomas decreció y el número de tallos *Schoenoplectus americanus* se incremento.55

INTRODUCCIÓN GENERAL

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Uno de los problemas más serios que afecta a los cuerpos de agua es la eutrofización por acumulación de nutrientes provenientes de las partes altas de las cuencas. Los humedales juegan un papel de “filtros” de nutrientes, particularmente nitrógeno, ya sea al ser absorbidos por las plantas, retenidos en el sustrato (como es el caso del fósforo) o eliminados del sistema, como es el caso de la desnitrificación, consecuencia de la actividad microbiana (Martín y Reddy, 1997). De esta manera los humedales “capturan” nutrientes (Hey, 2002) de hecho, la remoción de nutrientes del agua puede llegar a ser superior al 90 % para el nitrógeno (Lusby *et al.* 1998, Comin *et al.* 2001).

Existe un debate sobre el papel de la riqueza de especies en diversas funciones ecosistémicas. Se ha propuesto que comunidades de plantas más diversas serán más resistentes a invasiones por especies exóticas (Chapín *et al.* 2001), más resistentes a perturbaciones (Tilman *et al.* 1996), o más productivas (Name *et al.* 1994, 1996), otros estudios han sugerido que es la presencia de especies particulares (efectos de la composición de especies) la responsable de los efectos observados y finalmente, algunos estudios sugieren que ambos mecanismos, la presencia de especies clave y la riqueza de especies son relevantes (Lindig-Cisneros y Zedler 2002a, 2002b). Pocos estudios han abordado el papel de la riqueza y la composición de especies sobre los patrones de captura de nitrógeno en humedales, tema que esta propuesta busca abordar tanto por sus implicaciones para contribuir a resolver el debate riqueza-composición, como por las aplicaciones prácticas en los campos del manejo de recursos naturales e ingeniería ambiental.

Dentro de los humedales, las macrófitas acuáticas son importantes indicadoras de perturbaciones antropogénicas, se ha documentado el papel importante que juegan los humedales como indicadores de perturbaciones en áreas naturales, ya que al comparar fotos de años atrás con tomas recientes, se puede observar cómo han ido cambiando, los cuales pueden ser indicadores de severos cambios en el ecosistema, pudiendo identificar cambios espaciales

INTRODUCCIÓN GENERAL

o individuales en tipos de vegetación y cambios temporales de un tipo de vegetación a otra (Wilcox, 1995).

Uno de los aspectos fundamentales por los que en los últimos años se ha dado mayor atención a la conservación de los humedales es su importancia para el abastecimiento de agua dulce con fines domésticos, agrícolas o industriales. La obtención de agua dulce se evidencia como uno de los problemas ambientales más importantes de los próximos años; dado que la existencia de agua limpia está relacionado con el mantenimiento de ecosistemas sanos, por lo que la conservación y el uso sustentable de los humedales se vuelven una necesidad impostergable.

Los humedales mexicanos son ecosistemas altamente productivos, algunos de ellos llegan a producir 10 veces más lo que su misma área produciría en cultivos agrícolas (Madero, 2000). Tal es el caso de las lagunas costeras y marismas en las costas mexicanas, que debido a las condiciones que presentan, sirven de área de reproducción para algunos moluscos (ej. ostras y caracoles), peces y crustáceos (ej. camarones, langostas y cangrejos) de importancia económica, pues son fuentes de alimento para el hombre. Otra función de gran importancia que brindan estas áreas es la de proveer refugio y alimento a aves acuáticas residentes y migratorias tales como patos y gansos. También proveen de áreas de anidación para varias especies amenazadas de tortuga marina, son hábitat de otras como el manatí y el cocodrilo, y en sus sistemas habitan especies terrestres muy diversas, tales como tapires, jaguares, monos, varias especies de rapaces, pelícanos y flamencos, entre otros. Actualmente la importancia de estos ecosistemas es reconocida, y diferentes organizaciones nacionales e internacionales trabajan para su protección y recuperación (Madero, 2000).

Por lo anterior la Convención Ramsar reconoce sitios de conservación prioritaria, tomando en cuenta principalmente a las aves migratorias, a nivel Mundial se encuentran ya registrados 1200 sitios (1.119 000 km²) en los cuales México ha logrado ubicar 65 sitios (5263887 ha), de los cuales actualmente Michoacán presenta 3 sitios, en los que se encuentran los humedales de Pátzcuaro, Cuitzeo y Zacapu.

Actualmente los humedales en el interior del país, han cobrado una gran importancia para la conservación como las pozas de Cuatrociénegas en el estado norteño de Coahuila, son de gran

INTRODUCCIÓN GENERAL

importancia ecológica, por la singularidad de su biodiversidad. Lo aislado y estable de estos humedales complejos, ha ocasionado la evolución de especies únicas en el lugar, entre las que destacan peces, caracoles, algas y tortugas.

No obstante la importancia que se le da hoy en día a la conservación de los humedales, durante siglos fueron considerados tierras marginales que deberían ser drenadas o “recuperadas”, ya sea para mejorar las condiciones sanitarias o para su incorporación a la producción, principalmente para la ampliación del área agrícola o urbana. Por ejemplo se estima que los EE.UU. perdieron más de 50 % (87 millones de hectáreas) de sus humedales originales; los porcentajes podrían ser iguales o mayores para otros países (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

Además de las acciones directas que se han realizado para drenar y “recuperar” humedales, estos están sujetos al deterioro tanto por las obras que se desarrollan en los ecosistemas acuáticos que provocan modificaciones en el ambiente, como represas y canalizaciones, como por actividades que se realizan en zonas terrestres cercanas a los humedales, ya sea por extracción de agua o por adicción de nutrientes, contaminantes o sedimentos, por ejemplo la agricultura, la deforestación, minería, pastoreo y desarrollo industrial y urbano. Debe tenerse en cuenta que, dado el carácter dinámico de los ambientes lóticos, cualquier parte del ecosistema puede ser afectado por eventos que sucedan aguas arriba (contaminación). La presencia de especies migratorias también sufre el impacto de la alteración de la condición original del curso de agua (represas, dragados y puentes) (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

Los humedales también proveen de servicios, ya que reducen impactos de la agricultura en las cuencas, los granjeros en los Estados Unidos han cambiado los paisajes, ocupando humedales para pastar, ocasionando grandes cambios hidrológicos en las condiciones y calidad del agua, por lo que al remover parte de los humedales grandes cantidades de fósforo (P) y nitrógeno (N) que son utilizados como fertilizantes agrícolas llegan a los ríos, ya que los humedales ya no cumplen con la función de retener N y P en grandes cantidades (Zedler, 2003).

INTRODUCCIÓN GENERAL

Por lo anterior en el presente trabajo se documenta la relación de factores fisicoquímicos con la presencia y abundancia de las especies hidrófitas emergentes, en lo particular la distribución de las especies potencialmente invasivas, con base en diversos análisis que se realizaron en el Manantial de La Mintzita, los humedales del Lago de Zacapu y el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México.

ANTECEDENTES GENERALES

II. ANTECEDENTES GENERALES

Existen muchas definiciones del término “humedales”, algunas basadas en criterios principalmente ecológicos y otras más orientadas a cuestiones vinculadas a su manejo. La Convención de Ramsar Relativa a los Ecosistemas Acuáticos de Importancia Internacional define a los humedales en su artículo 1º, como:

“extensiones de marismas, pantanos o turberas cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”.

En el artículo 2º de la Convención Ramsar, se agrega que los humedales “podrán comprender zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal”.

Estas definiciones han sido cuestionadas por ecólogos, pero en su propósito pragmático, tendiente a una administración más expedita de su conservación a escala mundial, es por eso que para México en la NOM-001-ECOL-1996 se redefinen a los humedales de la siguiente manera: “Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos, originados por la descarga natural de acuíferos”.

En tanto que otros autores los definen como ecotonos entre los ecosistemas terrestres y acuáticos (Horne y Goldman, 1994). Los humedales incluyen a las marismas, pantanos, turberas, marjales y otros ecosistemas caracterizados por presentar condiciones de

ANTECEDENTES GENERALES

inundaciones persistentes al menos parte del año. Estas condiciones de inundación causan que el sustrato en donde se desarrollan los humedales presente una serie de condiciones fisicoquímicas particulares que favorecen la nitrificación de nitratos en nitrógeno molecular y otros procesos químicos que, aunados a la absorción de compuestos nitrogenados por las plantas, tiene como resultado neto la eliminación de nitrógeno que fluye por estos sistemas (Kadlec y Knigth, 1996).

Pero todos los humedales comparten una propiedad primordial: que el agua juega un papel fundamental en el ecosistema, en la determinación de la estructura y las funciones ecológicas del humedal. Entre los procesos hidrológicos que se desarrollan en los humedales se encuentran la recarga de acuíferos, cuando el agua acumulada en el humedal desciende hasta las capas subterráneas. Las funciones ecológicas que desarrollan los humedales favorecen la mitigación de las inundaciones y de la erosión costera. Además, a través de la retención, transformación y/o remoción de sedimentos, nutrientes y contaminantes, juegan un papel fundamental en los ciclos de la materia y en la calidad de las aguas (Madero, 2000).

Generalmente sustentan una importante diversidad biológica y en muchos casos constituyen hábitats críticos para especies seriamente amenazadas. Asimismo, dada su alta productividad, pueden albergar poblaciones muy numerosas de aves y otros animales. En general, los humedales tienen una alta producción pesquera, son refugio de flora y fauna silvestres y brindan una gran variedad de bienes, servicios y funciones de gran valor. Son fuente de agua para uso humano, recargan los mantos acuíferos, filtran el agua y mejoran su calidad, pueden ser utilizados como fuente de energía, barreras contra huracanes, vías de comunicación, ayudan a controlar las inundaciones y erosiones, y protegen las costas (Madero, 2000).

En sistemas terrestres, diversos estudios han abordado la problemática de la riqueza de especies como determinante de diversos procesos ecosistémicos (Jonson, *et al.*, 1996; Tilman, *et al.*, 1996; Baskin, 1994; Naeem, *et al.*, 1994; Hooper y Vitousek, 1997). Estos estudios han considerado la relación entre la diversidad y la productividad (Tilman *et al.* 1996), la respiración, descomposición, retención de nutrientes y productividad vegetal (Naeem, *et al.*, 1994, 1996), productividad primaria y nitrógeno del suelo (Hooper y Vitousek, 1997) y

ANTECEDENTES GENERALES

estabilidad (Tilman y Downing, 1994). Para humedales han estudiado el papel de la riqueza de especies como determinante del establecimiento de especies nativas y especies invasoras (Lindig-Cisneros y Zedler 2002a, 2002b).

Sin embargo poco se ha estudiado en cuanto al papel de la riqueza y composición de especies en la dinámica de la captura de nitrógeno por humedales. Existe la hipótesis que establece que cuando los humedales se ven sujetos a cambios en la composición química del agua que los alimenta, particularmente la eutrofización, pueden ocurrir cambios en la riqueza y/o composición de especies que pueden favorecer que el sistema sea dominado por especies invasoras (Cronk, 1996) sugiriendo un papel relevante de la composición, es decir la presencia de especies muy eficientes para asimilar nitrógeno, (u otros nutrientes) en la dinámica de este elemento en los humedales. Adicionalmente, existe evidencia de que hay una interacción entre los niveles de nutrientes en el humedal, la biomasa aérea de la vegetación y la riqueza de especies, aunque las relaciones de causa-efecto no han sido aclaradas (Clement y Maltby, 1996).

De lo anterior se desprenden una serie de hipótesis relevantes sobre el papel de la riqueza de especies y la composición en la dinámica del nitrógeno en los humedales. Siguiendo los trabajos que han atribuido un papel a la riqueza de especies en la productividad y retención de nutrientes en sistemas terrestres, se puede proponer que al aumentar la riqueza de especies en un humedal, la captura de nitrógeno será más eficiente, esperando una relación directa entre la riqueza de especies y la captura de nitrógeno.

En el caso en el que la composición de especies, es decir la presencia de especies capaces de acumular grandes cantidades de nitrógeno, sea el factor determinante en la captura de este elemento se esperaría que la relación anterior no se presente y que en su lugar se presente una relación similar pero que dependa de la abundancia relativa de estas especies acumuladoras.

Debido a que la captura de nitrógeno por los humedales depende además de la absorción directa de las plantas, de otros procesos relacionados con la química del sustrato y la actividad microbiana en el mismo y en los tallos de las plantas, es posible que se encuentren efectos

ANTECEDENTES GENERALES

tanto de la riqueza de especies (al proporcionar un ambiente más heterogéneo para las comunidades microbiana) como de la composición.

En el pasado, antes de que se reconociera su importancia, los humedales eran considerados lugares inhóspitos, llenos de alimañas peligrosas y fuentes de enfermedades, cuyo mejor fin era ser desecados y utilizados para otros propósitos, como labores agrícolas o para desarrollos urbanos. En México, el caso más conocido puede que sea el de la Ciudad de México, que según los registros de los Aztecas, fue fundada en 1325 cuando un grupo de nómadas se asentó en una isla del Lago de Texcoco. La ciudad, llamada entonces Tenochtitlan, se fue expandiendo sobre las aguas del lago, hasta llegar a ser lo que es actualmente (Martino, 1989).

Pese a la gran importancia de conservar este tipo de ecosistemas son pocos los trabajos que se han realizado y que aborden los aspectos ecológicos, además de que en su mayoría son realizados en cuerpos de agua en el extranjero, México y en particular Michoacán aun no cuentan con la información necesaria para entender la dinámica de estos sistemas, ya que los trabajos realizados para este tipo de ecosistemas sólo se cuenta con listados florísticos como es el caso de García, que en 1990 realizó un listado taxonómico de la flora vascular acuática y semi-acuática del Lago de Pátzcuaro, reportando 57 especies en 40 géneros, agrupados en 24 familias, correspondientes a 3 Divisiones, donde las hidrófitas arraigadas emergentes están representadas por 34 especies, donde destacan *Typha latifolia*, *T. domingensis*, *Scirpus californicus* y *S. validus*.

En Zacapu, antes del año 1600, el impacto del ser humano en la cuenca era mínimo ya que la población era pequeña, la agricultura se desarrollaba en pequeña escala, permitiendo el retorno de las zonas agrícolas a los bosques cuando los indígenas cambiaban de lugar, la cacería y la pesca eran para la subsistencia, sin embargo a mediados del siglo XVII inicia la migración europea, acondicionando la tierra para granjas en el siglo XX, represan los ríos para generación de energía eléctrica y las ciudades se desarrollaron a lo largo de la ribera de los lagos y de los ríos, con lo que se inician actividades de grandes empresas debido a que el agua era abundante, limpia y barata (Martino, 1989).

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

El presente estudio se realizó en los humedales de tres cuerpos de agua del estado de Michoacán, México (figura 1).

LAGO DE PÁTZCUARO

Se trata de una cuenca cerrada con una superficie de 1,525 km², que da lugar a la formación de un lago alimentado por numerosas corrientes subterráneas y superficiales, las cuales aportan un volumen medio anual de 81 millones de m³, entre sus aportaciones superficiales, se encuentran los ríos San Gregorio y Chapultepec, y los arroyos Santa Fe y Soto. El Lago de Pátzcuaro se caracteriza por ser un magnífico escenario de grandes bellezas naturales que lo convierten en un centro de atracción turística, en su interior, se levantan los islotes de Janitzio, La Pacanda, Tecuén, Jarácuaro, Urandén y Carían, sin embargo los cambios originados cuenca arriba han provocado la aportación de gran cantidad de sedimentos en suspensión, lo que año con año, el lago es menos profundo (Cabrera, 2003).

El lago de Pátzcuaro se localiza en la provincia del Eje Neovolcánico Mexicano centro-norte del Estado de Michoacán a 63 Km. al oeste de la ciudad de Morelia. Esta limitado por las coordenadas geográficas extremas 19°32' y 19°42' de latitud norte y 101°32' y 101°43' longitud oeste a una latitud de 2035 msnm. (CETN, 1977).

El clima de la región de acuerdo al sistema de Copen modificado por García (1988) y la evaluación realizada por Chacón (1993) es de tipo ((w')(w)b(i')g que corresponde a un clima templado subhúmedo, con una temperatura media anual de 16.3 °C, con lluvias de verano, en el lago la temperatura media del mes más calido es inferior a 22 °C.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

En cuanto a la vegetación, en la mayor parte de la ribera del lago la vegetación original ha sido retirada y el área ha sido usada para la agricultura y el pastoreo. La vegetación en la sierra media y alta no presenta un patrón de distribución particular sino que ofrece un mosaico de asociaciones vegetales que se encuentran determinados por una combinación de factores edáficos, topográficos, mesoclimáticos y de uso de la tierra (Caballero *et al.*, 1981 y Barrera, 1986).

Se encuentran especies de bosque como son algunos pinos, (*Pinus*), encinos (*Quercus*), oyameles (*Abies*) y otras especies arbóreas de interés comercial y vegetación característica de agricultura, en tanto que las plantas acuáticas emergentes son tules, *Scirpus americanus*, *Typha latifolia*, *Sagittaria gramínea*, *Cyperus níger*, siendo estas las especies más comunes y en lo que respecta a las plantas acuáticas sumergidas, están presentes *Nymphaea mexicana*, *Potamogeton illinoensis*, *P. latifolius*, *Najas guadalupensis*, *Ceratophyllum demersum*, *Utricularia gibba* y *U. vulgaris* (Lot y Novelo, 1998).

LAGO DE ZACAPU

Es un cuerpo de agua natural ubicado en la zona central del Estado de Michoacán, entre las coordenadas extremas 19°49'20" y 19°49'40" de latitud norte y 101°46'45" y 101°47'25" de longitud oeste, al norte de la ciudad de Zacapu con una altitud de 1980 msnm dentro de la cuenca del antiguo lago (INEGI, 1998). Se encuentra fuertemente influenciado por la mancha urbana, debido a que ha sido invadida en el más del 50 % de sus riberas (sur y sureste), este cuerpo de agua exorreico, tiene un área aproximada de 21661 m² (Díaz, 1997).

La región presenta un clima C(wi)(w')b(i'), lo cual corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano de acuerdo a la clasificación de copen, modificada por García (1988), característico de áreas montañosas o mesetas de altitud superior a los 800 o 1000 msnm.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

Pertenece a la región hidrográfica No. 12 Lerma-Chapala-Santiago, dentro de la subcuenca del bajo Lerma. Dicho sistema es alimentado por manantiales y por el aporte de escurrimientos superficiales.

En cuanto a su vegetación al sur y al poniente del lago existe un área de bosque de pino-encino, en la parte norte se encuentra la Ciudad, mientras que en el resto del litoral se localizan algunas zonas de cultivo y una gran área de humedales.

Las macrófitas acuáticas litorales son principalmente *Typha domingensis*, *T. latifolia*, *Cyperus esculentus* y *Juncos effusus*; además de los géneros *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Potamogetum*, *Mougeotia* y en menor cantidad existe *Sagitaria*, *Scirpus* y *Bidens*. Existe poca vegetación flotante, principalmente *Eichhornia crassipes* (Madrigal, 2003).

MANANTIAL LA MINTZITA

La presa la Mintzita se localiza a una altitud de 1917 msnm., en el municipio de Morelia. Estado de Michoacán, a sólo 4.5 Km. al sur de la carretera federal 15 por la rama estatal a Cointzio, a 7.5 metros en línea recta al noroeste del Poblado de Cointzio y 500 metros al suroeste. A 101°17'42" de longitud oeste y 19°38'43" de latitud norte. Colinda al norte con San Isidro Itzícuaru, al sur con Santiago Undameo y la Presa Cointzio, al este con la Tenencia Morelos y la Presa Cointzio, al oeste con Loma de Divisadero y San Antonio Parángare y al noroeste con San Lorenzo (INEGI, 1998).

Se localiza dentro de la provincia del Eje Neovolcánico, Subprovincia, Sierra y Bajíos de Michoacán, ubicada en el valle de Morelia, pertenece a la región hidrológica No. 12 del sistema Lema-Chapala-Santiago, dentro de la cuenca hidrológica del Lago de Cuitzeo y la Subcuenca del Río Grande de Morelia (INEGI, 1985).

Presenta un clima Cb(w)(w)i'g, lo cual corresponde a un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano y un coeficiente de P/T entre 55 y 43.2, con lluvias invernales menor de 5 %,

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

poca oscilación térmica, con marcha de la temperatura tipo Ganges (13 a 34 °C) (García, 1988).

Su vegetación terrestre está formada principalmente por matorral subtropical, en tanto que la vegetación acuática está formada principalmente por vegetación sumergida: *Nymphaea mexicana*, *Potamogeton pectinatum* y *Ceratophyllum demersum*; dentro de la vegetación flotante se encuentra *Eichhornia crassipes* y en la vegetación arraigada *Typha domingensis* (Rodríguez y Guevara, 2000).

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

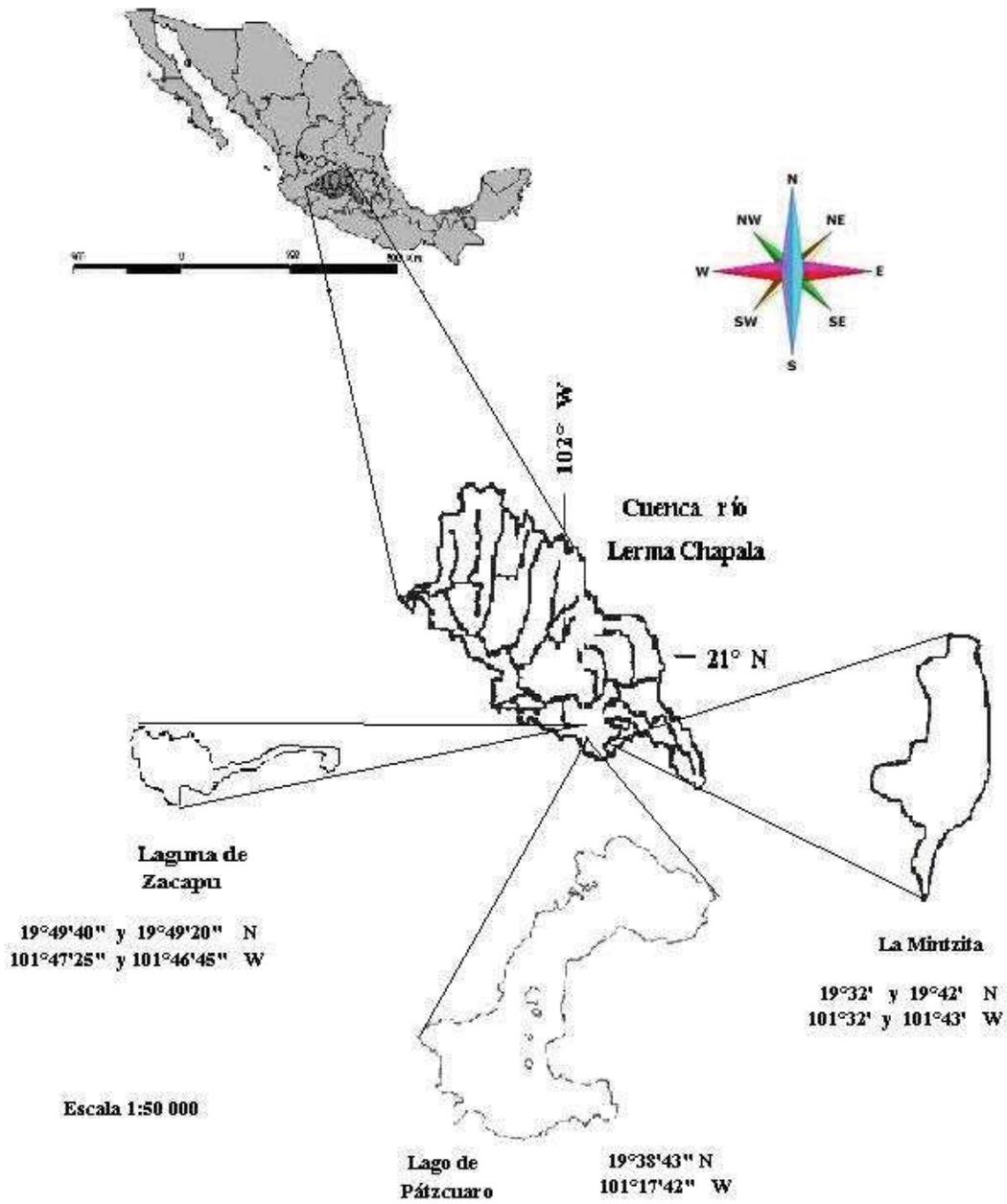


Fig. 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio, en el estado de Michoacán, México.

JUSTIFICACIÓN

IV. JUSTIFICACIÓN

Determinar el efecto de concentraciones variables de N y/o P sobre el papel de la riqueza de especies y de la composición, en la capacidad de captura de nitrógeno por humedales, es relevante para entender la dinámica de estos sistemas tanto para el manejo como para otras aplicaciones prácticas. Este trabajo proporciona información relevante sobre el papel de la riqueza de especies y la composición en la dinámica de la captura de nitrógeno a través de evaluaciones de campo y experimentos controlados de mesocosmos para poner a prueba el papel de estos factores. Debido a que no se cuenta con información histórica suficiente sobre la composición de especies vegetales de los humedales de zonas templadas del estado de Michoacán, los resultados del monitoreo de la dinámica natural del manantial de la Mintzita son una aportación necesaria para entender y manejar estos sistemas.

OBJETIVOS

V. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la relación de la composición y riqueza de especies con las concentraciones de nitrógeno y fósforo por humedales de agua dulce y medir la captura de nitrógeno y fósforo bajo condiciones experimentales.

VI. OBJETIVOS PARTICULARES

- Cuantificar la relación entre la composición y riqueza de especies con las concentraciones de nitrógeno y fósforo en tres cuerpos de agua del estado de Michoacán, como modelo de humedales de agua dulce de las regiones templadas de la región.
- Medir la captura de nitrógeno y fósforo por humedales en condiciones experimentales (mesocosmos).

HIPÓTESIS

VII. HIPÓTESIS

- ✓ Los humedales de los diferentes cuerpos de agua dulce a estudiar, estarán dominados por especies competitivas porque se ha incrementado el aporte de nitrógeno en estos sistemas. Se espera que el sistema más dependiente de la escorrentía (Pátzcuaro) muestre mayor dominancia por especies competitivas (como *Typha* spp.), que los sistemas que reciben agua pobre en nutrientes proveniente de manantiales (La Mintzita y Zacapu).
- ✓ La composición actual de los humedales, es resultado de perturbaciones (aporte de nutrientes, en particular nitrógeno) por lo que sistemas experimentales ricos en especies conservarán su estructura mientras no se incrementen los aportes de nitrógeno.

RESULTADOS



Fig. 2. Fotografía del humedal de La Mintzita.

VIII: RESULTADOS



Fig. 3. Fotografía de los mesocosmos al finalizar el experimento

CAPÍTULO I

“Evaluación de la dinámica de la vegetación hidrófita emergente en el manantial de La Mintzita”

Resumen

En cuanto a flora y fauna, el humedal es decisivo para la vida de muchas especies, algunas de ellas endémicas y en peligro de extinción, pues es el hábitat natural que genera los nutrientes y el ambiente necesario para la reproducción de gran cantidad de aves, como los patos, las garzas y reptiles como la rana verde o la lagartija, además de múltiples especies insectos.

El humedal es además albergue transitorio de muchas aves que en sus migraciones recorren el continente o el país.

Debido al grado de perturbación antropogénica que han sufrido los cuerpos de agua dulce en Michoacán y por los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que el humedal con mayor grado de alteración es el del Lago de Pátzcuaro, seguido por el del Lago de Zacapu y finalmente el humedal del Manantial de La Mintzita, sólo en La Mintzita se encontró *Carex sp.*, la cual se encuentra en sitios que no están sujetos a perturbación antropogénica continua, en tanto que para Zacapu y Pátzcuaro, *Typha sp.*, fue la especie que se colectó con mayor frecuencia, lo cual nos indica un mayor grado de perturbación, la cual se ve favorecida por el incremento en los aportes de los nutrientes hasta llegar a convertirse en una especie invasora pese a que es una especie nativa.

Palabras claves: nutrientes, perturbaciones antropogénicas, especie invasora.

CAPÍTULO I

“Evaluation of the dynamics of emergent hydrophytes, in the wetlands of The Mintzita”

Abstract

Wetlands are decisive for the survival of many flora and fauna species, some of the endemic and some in danger, because they are the natural habitat that generates nutrients and the necessary habitat for the reproduction of a great quantity of birds, such as ducks, herons; and a reptiles, frogs and small lizards, besides multiple species of insects.

Wetlands are also transitory habitat of many migratory birds both at continental or the country scales.

Due to the grade of anthropogenic disturbance that wetlands have suffered together with the fresh water bodies in Michoacan, and from the results obtained in this study, it can be concluded that the wetlands with more damage are those of the Lake of Patzcuaro, followed by those of the Lake of Zacapu and finally the wetlands of the Spring of the Mintzita. Only in the Mintzita *Carex sp.*, was which is in places that are not subject to heavy disturbance was present. In Zacapu and Pátzcuaro, *Typha sp.*, was the species that was collected with more frequency, indicating a high disturbance level, which is favored by the increment in the concentrations of nutrients and it may become an invasive species in spite of the fact that it is a native.

Key words: nutrients, anthropogenic disturbance, invasive species.

INTRODUCCIÓN: CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

“Evaluación de la dinámica de la vegetación hidrófita emergente en el manantial de La Mintzita”

1.1. INTRODUCCIÓN

El estado de Michoacán posee numerosos cuerpos de agua, entre los que destacan por su extensión, importancia cultural y biológica los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén. En estos ecosistemas la vegetación acuática cumple diversas funciones ecológicas, es fuente de alimento para numerosos herbívoros, y sirve de refugio y sitio de anidamiento para las aves, peces y anfibios, además reduce la velocidad de las corrientes y la influencia del oleaje, disminuyendo los efectos de la erosión en la línea de costa; desempeña a sí mismo un importante papel en la composición química y la calidad del agua, ya que regula la concentración de bióxido de carbono, oxígeno y de algunos nutrientes tales como el fósforo y el nitrógeno (Brown, 1976).

El interés en las plantas acuáticas pareciera radicar tan sólo en los daños que ocasionan a la economía al producir graves problemas en los sistemas acuáticos y favorecer la reproducción de organismos dañinos que ocasionan problemas sanitarios. Sin embargo, su importancia real debe juzgarse a partir del conocimiento de su función ecológica como productores primarios en las cadenas tróficas, oxigenadores del agua, formadores y estabilizadores del sedimento y “bombas” de reciclaje de nutrientes, entre otros (Mitchell, 1974; Novelo y Lot, 1989).

Cuando hay actividades relacionadas con la urbanización se pierde la cubierta vegetal, incrementándose así superficies impermeables y/o quedando suelo expuesto, presentándose con más frecuencia la erosión y aportando mayor cantidad de sedimento a los cuerpos de agua, perdiendo así profundidad en el espejo; en los humedales declinan las especies nativas; la riqueza de especies se llega a perder, convirtiéndose en zonas monotípicas (Kirk, 1990).

INTRODUCCIÓN: CAPÍTULO I

El mecanismo fundamental por el cual se pierden especies nativas aun no está bien comprendido, sin embargo muchas de las investigaciones y resultados obtenidos nos llevan a creer que los cambios en los atributos que incrementan los niveles de nutrientes, los hidroperíodos y la sedimentación pueden ser algunas de las explicaciones.

La captura y retención de sedimento por los humedales es un servicio valioso y algunos humedales son usados para retener sedimento durante las tormentas, sin embargo una de las consecuencias de la depositación de sedimentos en altas cantidades es afectar directamente a la germinación de algunas especies de plantas, favoreciendo así a especies que se vuelven altamente competitivas y llegan a convertirse en especies invasoras, por lo que sitios con mayor sedimento pierden su riqueza de especies y ven favorecidas especies de géneros como *Phalaris* y *Typha*, especies características de estas condiciones, caso contrario a especies de *Carex*, las cuales se presentan en sitios donde aun hay una mayor riqueza de especies y un mejor estado de conservación (Werner y Zedler, 2002)

Varios estudios han demostrado que la riqueza de especies juega un papel clave en procesos ecosistémicos relacionados con el uso de recursos y la resiliencia (Tilman y Downing, 1994; Tilman *et al.*, 1996; Naeem *et al.*, 1994, 1996). Estudios sobre el papel de la riqueza de especies en el establecimiento de plántulas sugieren que la riqueza de especies, y en algunos casos la interacción con la composición, juegan un papel importante en la dinámica de la invasión por nuevas especies (Lindig-Cisneros y Zedler 2002a, 2002b).

Estudios realizados en humedales dominados por *Typha* sp., confirman que las especies de este género son plantas muy productivas que desplazan a otras especies nativas. Mason y Bryant (1975) y Prentki *et al.* (1978), cuantificaron el movimiento de nutrientes en pantanos demostrando el efecto de las plantas del género *Typha*, lo que llevó a definir las como “trampas de nutrientes” (Bernard y Fitz, 1979). Un híbrido, resultado de una cruce natural entre *Typha latifolia* y *Typha angustifolia* fue estudiada bajo condiciones perturbadas y se observó que desplaza competitivamente a otras especies nativas (Zedler y Kercher, 2004).

Las hipótesis sobre diversidad-estabilidad han sido por mucho tiempo una controversia. Trabajos por MacArthur (1955), Elton (1958), Odum (1959), Margalef (1969), y otros

INTRODUCCIÓN: CAPÍTULO I

sugieren que mientras mayor diversidad de comunidades, los ecosistemas son más estables y más resistentes a la invasión, por lo que a lo largo del tiempo se han propuesto diferentes modelos y definiciones de estabilidad, sin embargo los modelos de competencia de varias especies coinciden en que predicen que mayor diversidad incrementa la estabilidad temporal en el interior de las comunidades en tanto que si decrece la estabilidad temporal de poblaciones de individuos esto conlleva a una baja productividad en las comunidades. Por lo que la composición de especies ayuda a predecir la importancia de la diversidad y como esta puede afectar la estabilidad de la comunidad y su producción. Así que la mayor estabilidad temporal de comunidades más diversas es causa de altas productividades y alta diversidad de especies, sin embargo el debate continúa, dependiendo de la dirección de la estabilidad de la población o de la dirección de la estabilidad de la comunidad (Lehman and Tilman, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS: CAPÍTULO I

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

1.2.1 Trabajo de Campo

1.2.1.1. Salidas a Campo

El presente estudio se realizó en los humedales de tres cuerpos de agua del estado de Michoacán, México. Dado que el estudio principal se llevó a cabo en los humedales de La Mintzita, en dicho sitio se realizaron muestreos durante dos años, (Mayo y Septiembre, 2005-2006), mientras que para la comparación se realizó un solo muestreo en los humedales de Zacapu y de Pátzcuaro en el año 2006 durante el mes de septiembre.

1.2.1.2. Sitios de muestreos

Para el muestreo en el humedal de La Mintzita se escogió un sitio representativo en donde se ubicaron los transectos (tabla 1) en la zona del humedal cercana a donde nace el manantial (figura 4).



Fig. 4. Ubicación de los sitios de colecta en los humedales de La Mintzita Michoacán, (se ubicaron 5 puntos iniciando de derecha a izquierda).

MATERIALES Y MÉTODOS: CAPÍTULO I

Tabla 1. Ubicación de las coordenadas geográficas de los 5 sitios de colecta en La Mintzita

Transecto	Coordenadas
1	19°38'38" N 101°16'24" W
2	19°38'36" N 101°16'22" W
3	19°38'37" N 101°16'23" W
4	19°38'37" N 101°16'24" W
5	19°38'38" N 101°16'24" W

En el muestreo realizado en los humedales de Zacapu, se ubicó un sitio, en donde la comunidad de hidrófitas emergentes no estuviera tan perturbado, dicho sitio se ubicó a un costado del manantial “Ojo de Liebre” en dirección hacia la compuerta (figura 5).



Fig. 5. Ubicación de los sitios de colecta en los humedales de Zacapu, Michoacán.

En tanto que para el muestreo realizado en el humedal de Pátzcuaro se eligió un sitio pasando la carretera de la desviación al poblado de Jarácuaro, donde se hicieron las observaciones en ambos lados de la carretera (figura 6).

MATERIALES Y MÉTODOS: CAPÍTULO I

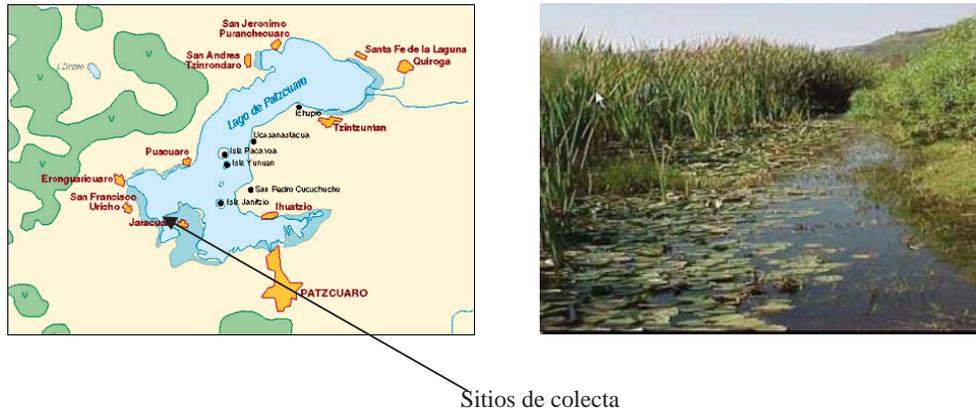


Fig. 6. Ubicación de los sitios de colecta en los humedales del Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

1.2.1.3. Muestreos

Para la evaluación de la composición y riqueza de especies de los humedales seleccionados, se llevaron a cabo evaluaciones de campo, realizándose 5 transectos a lo largo del humedal los cuales fueron perpendiculares a la orilla del cuerpo de agua con distancia de 30 metros entre cada uno, e iniciaron en el borde del humedal con el espejo de agua, donde se midió la longitud de cada transecto y se dividió en seis cuadrantes, cada uno de 1 m² donde se registraron todas las especies presentes, sus coberturas y se colectaron ejemplares para su herborización y posterior identificación. Dichos muestreos se realizaron en período de lluvias y de secas para La Mintzita y sólo en el periodo de lluvias para Zacapu y Pátzcuaro, con la diferencia que en los humedales de Pátzcuaro debido a la dominancia de *Typha sp.*, sólo se registraron las especies encontradas en los 120 m recorridos. Este método fue desarrollado por Great Lakes Environmental Indicators Project y permite un muestreo eficiente de este tipo de comunidades.

Adicionalmente se tomaron muestras de agua superficial para su posterior análisis de concentraciones de fosfatos y nitratos, estas sólo se colectaron en el período de sequía en los tres sitios de interés.

MATERIALES Y MÉTODOS: CAPÍTULO I

1.2.2. Trabajo de Laboratorio

El análisis de nitrógeno en forma de nitratos se determinó por medio del método espectrométrico ultravioleta selectivo, siguiendo el método estándar sugerido por APHA (American Public Health Association, 1992).

En tanto que la determinación del fósforo en forma de fosfatos se determinó mediante una técnica colorimétrica estándar empleando el Ortho and meta (Poly) Phosphate Test Kit (Model Po-23/Po23A, HACH company).

Para la identificación de las especies se empleó literatura de Lot, 2000; Lot y Novelo, 1998; 1999 y 2004; Villaseñor y Espinosa, 1998.

1.2.3. Trabajo de Gabinete

Los datos obtenidos en las evaluaciones de campo en los diversos transectos de los humedales de la Mintzita se analizaron mediante el índice de diversidad de Shannon, en tanto que para la comparación de los tres humedales se utilizó el paquete estadístico MVSP para hacer una matriz de similitud empleando los coeficientes de Jaccard y Sorensen.

Se llevó a cabo la elaboración de gráficas y tablas para conocer la distribución de las especies en el humedal de La Mintzita.

RESULTADOS: CAPÍTULO I

1.3. RESULTADOS

Se identificaron 44 especies para los tres sitios de colecta (tabla 2), siendo los humedales de La Mintzita los que presentaron mayor número de especies (35), seguido por los humedales del lago de Pátzcuaro (20) y finalmente los humedales del lago de Zacapu (19) (figura 7).

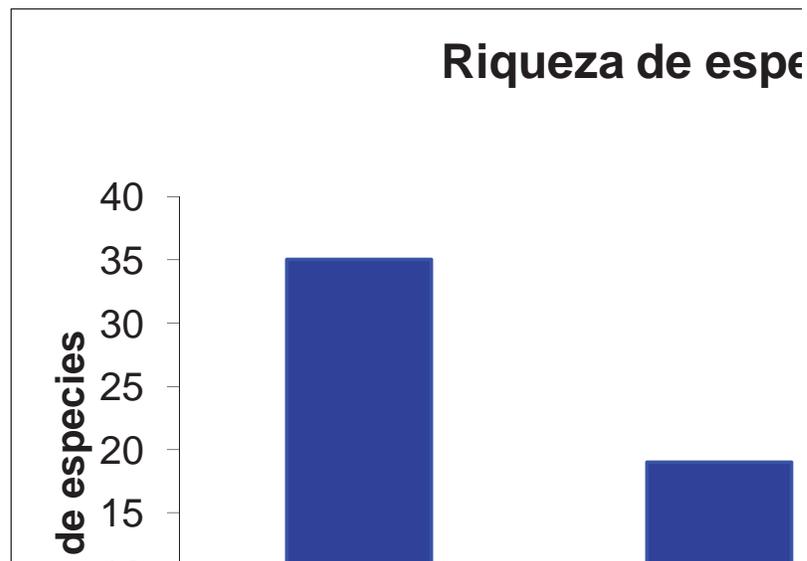


Fig. 7. Riqueza de especies para los tres sitios de colecta.

Los humedales del lago de Pátzcuaro fueron los que presentaron menor diversidad de especies y mayor abundancia de *Typha domingensis* y *T. latifolia* en los sitios muestreados, en tanto que en los humedales de Zacapu sólo en algunos sitios se encontró en gran cantidad a *T. domingensis*, mientras que en los humedales de La Mintzita fue donde se encontró la mayor diversidad de especies y aun no se encuentran sitios que estén dominados en su totalidad por especies de *Typha*, este último sitio aun presenta *Carex comosa*, la cual es una especie indicadora de habitats con un grado de perturbación bajo, con lo cual se corrobora que los humedales que pertenecen al manantial de La Mintzita son los menos afectados por perturbaciones, (principalmente antropogénicas).

RESULTADOS: CAPÍTULO I

Tabla 2. Lista de las especies encontradas en los tres humedales de colecta (donde el 0 significa ausencia y el 1 la presencia de las especies).

ESPECIES	LA MINTZITA	ZACAPU	PÁTZCUARO
<i>Arenaria paludicola</i> Robins.	1	1	0
<i>Azolla mexicana</i> C. Presl.	0	0	1
<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville.	1	1	1
<i>Bidens aurea</i> (Ait) Sherff.	1	0	1
<i>Bidens serrulata</i> (Poir) Desf.	1	0	1
<i>Carex comosa</i> Boot.	1	0	0
<i>Cuphea lanceolata</i> Ait.	1	0	0
<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	1	0	0
<i>Cyperus Níger</i> Ruiz & Pavón.	1	1	1
<i>Cyperus virens</i> Michaux.	0	1	0
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solms.	1	0	1
<i>Eleocharis montana</i> H.B.K.	1	1	1
<i>Eupatorium</i> sp. Schulz.	1	0	0
<i>Epilobium ciliatum</i> Raf.	1	1	0
<i>Galium trifidum</i> L.	1	1	0
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	1	0	0
<i>Hydrocotyle verticillata</i> Thunb.	1	1	1
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.F.	1	0	0
<i>Lemna gibba</i> L.	1	0	1
<i>Leersia hexandra</i> Sw.	1	0	0
<i>Lythrum vulneraria</i> Schrank.	1	1	0
<i>Mimulus glabratus</i> H.B.K.	1	1	0
<i>Nymphaea mexicana</i> Zucc.	0	0	1
<i>Panicum elephantipes</i> Nees ex. Trin.	1	0	1
<i>Phragmites australis</i> Cav.	1	0	1
Poaceae 1 (Gramineae)	1	1	1
Poaceae 2 (Gramineae)	1	0	0
Poaceae 3 (Gramineae)	1	0	0
Poaceae 5 (Gramineae)	1	0	0
Poaceae 4 (Gramineae)	1	1	0
Poaceae 6 (Gramineae)	0	1	0
Poaceae 7 (Gramineae)	0	1	0
<i>Polygonum hydropiperoides</i> Michaux.	1	1	1
<i>Polygonum punctatum</i> Ell.	1	0	0
<i>Rorippa palustres</i> (L.) Besser.	1	1	0
<i>Salix bonplandiana</i> Kunth.	1	0	0
<i>Sagittaria latifolia</i> Willd.	0	1	1
<i>Sagittaria macrophylla</i> Zucc.	0	0	1
<i>Schoenoplectus americanus</i> Pers.	1	1	0
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> C.C. Gmel.	1	0	1
<i>Solanum americanum</i> Mill.	1	0	0
<i>Typha domingensis</i> Pers.	1	1	1
<i>Typha latifolia</i> L.	0	0	1
<i>Wolffiella lingulata</i> Hegelm.	0	0	1

RESULTADOS: CAPÍTULO I

En términos del índice de Shannon, se encontraron valores entre 3.3-6.2 para La Mintzita (figuras 8,9,10,11) y de 2.0-3.3 para los humedales del Lago de Zacapu (figura 12), los cuales estadísticamente presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$).

En el humedal de La Mintzita el índice de Shannon en el 2005 en época de lluvias fue de 3.3 a 5.2 y en la época de sequías de 3.3 a 6.2 (figuras 8 y 9), para el siguiente año en el muestreo correspondiente a la época de lluvias los valores obtenidos fueron de 2.9 a 5.5 y en el período de sequías de 4 a 4.6 (figuras 10 y 11).

En cuanto a las concentraciones de fosfatos (mg/L), en los humedales de La Mintzita oscilaron de 0.0 a 5.0 mg/L en el año 2005 (figura 13) y para el siguiente año los valores se incrementaron, variando de 0.5 a 8.0 mg/L (figura 14), en los humedales de Zacapu de 16 a 43 mg/L y finalmente en los humedales de Pátzcuaro fueron de 28 a 39 mg/L. En tanto que los nitratos en los humedales de La Mintzita en el primer año de muestreo fueron de 1.4 a 4.6 mg/L y al siguiente año de 1.3 a 7.3 mg/L, en los humedales de Zacapu se reportaron valores de 3.2 a 6.8 mg/L y en los humedales de Pátzcuaro de 8.0 a 8.9 mg/L.

Los fosfatos y nitratos mostraron un patrón de distribución en el manantial de La Mintzita (figura 10), el cual podría estar relacionado con el grado de perturbación detectado, ya que las concentraciones se incrementaron a medida que el muestreo era más cerca de los sitios en donde la gente lava ropa, lo cual también se reflejó en la riqueza de especies, ya que disminuye en estos sitios.

RESULTADOS: CAPÍTULO I

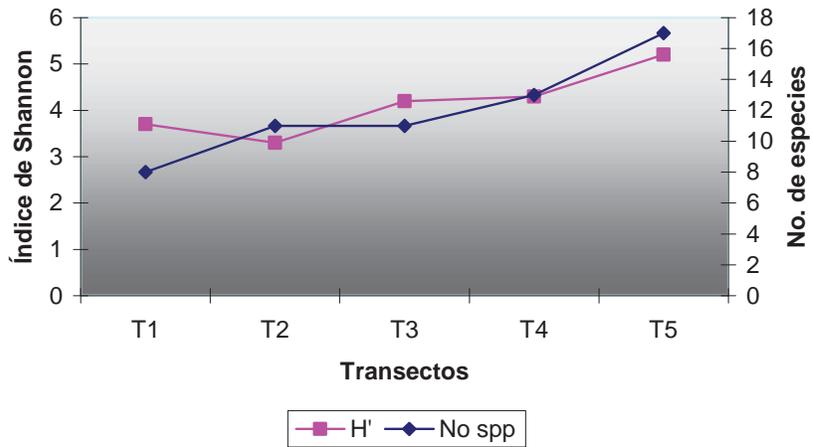


Fig. 8. Diversidad de especies en la época de lluvia del 2005 en los humedales de La Mintzita como el índice de Shannon (H').

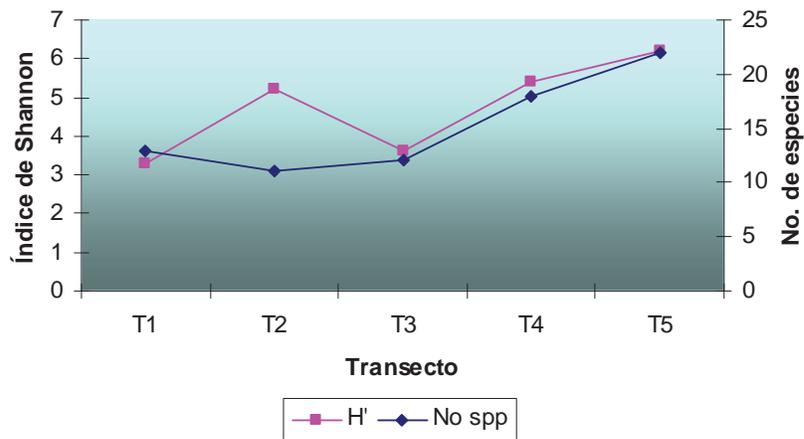


Fig. 9. Diversidad de especies en la época de sequía del 2005 en los humedales de La Mintzita como el índice de Shannon (H').

RESULTADOS: CAPÍTULO I

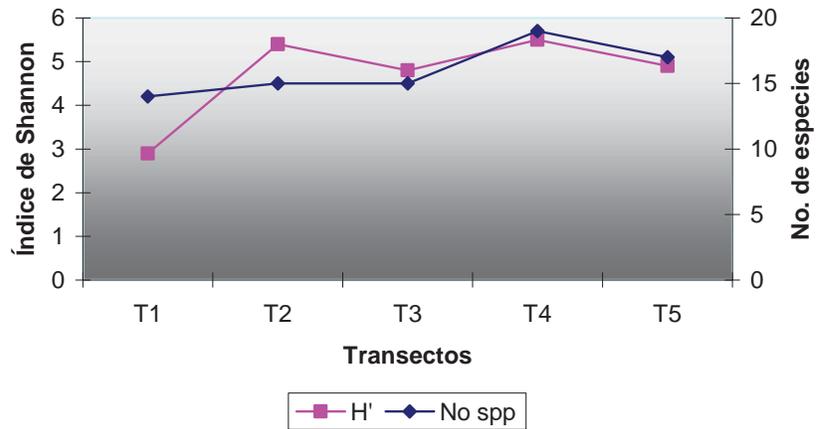


Fig. 10. Diversidad de especies en la época de lluvia del 2006 en los humedales de La Mintzita como el índice de Shannon (H').

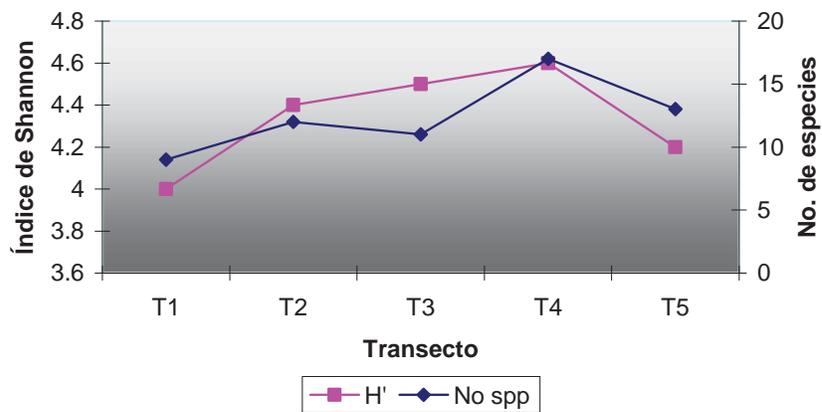


Fig. 11. Diversidad de especies en la época de sequía del 2006 en los humedales de La Mintzita como el índice de Shannon (H').

RESULTADOS: CAPÍTULO I

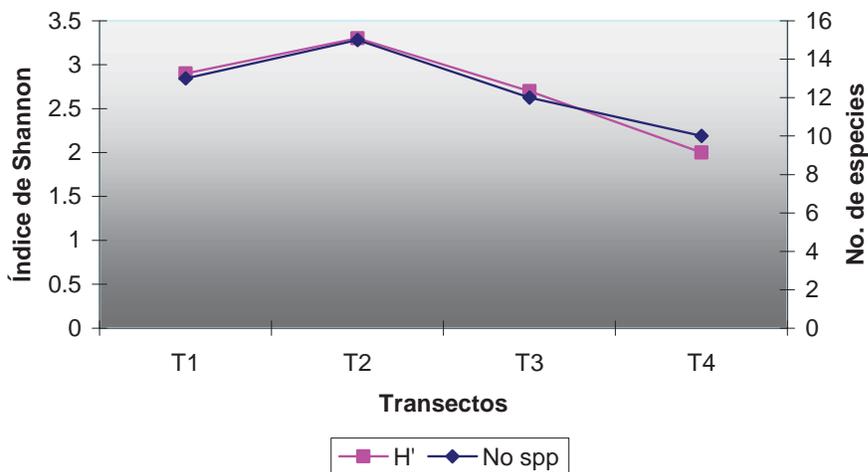


Fig. 12. Diversidad de especies en la época de lluvia 2006 en los humedales del Lago de Zacapu como el índice de Shannon (H').

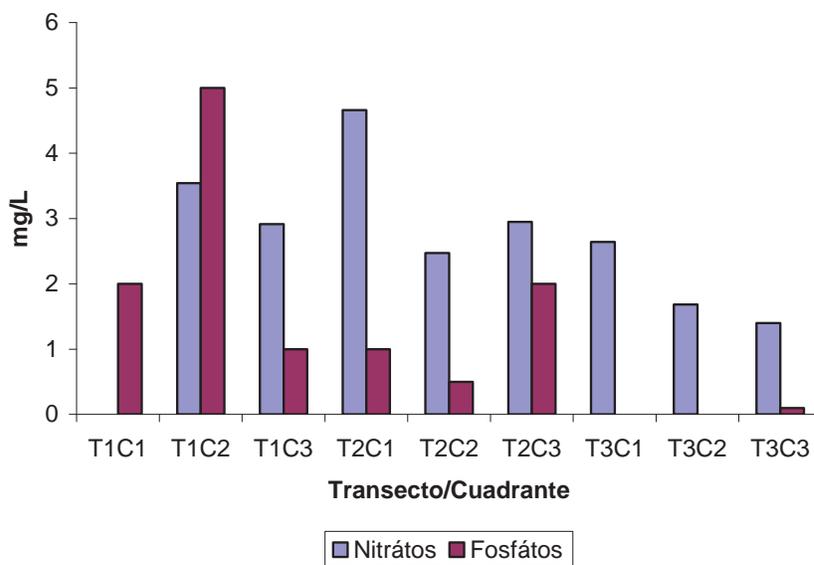


Fig. 13. Nitratos y fosfatos en los diferentes transectos de los humedales de La Mintzita 2005.

RESULTADOS: CAPÍTULO I

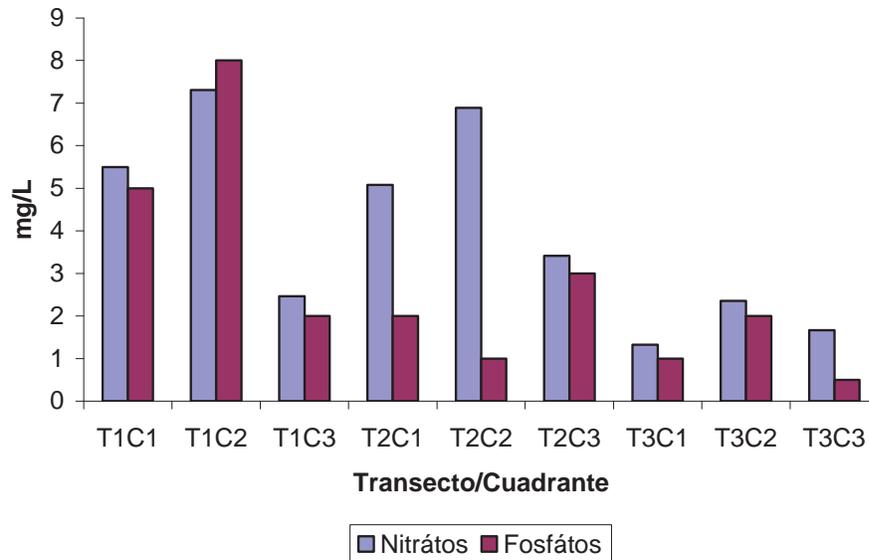


Fig. 14. Nitratos y fosfatos en los diferentes transectos del humedal de La Mintzita 2006.

En la época de lluvias del muestreo realizado en el 2005 al del año siguiente se registraron nuevas especies en la mayoría de los transectos, en tanto que para la época de sequía, sucedió lo contrario, en el año 2006 se reportaron menos especies para cada transecto que el año anterior.

Mediante un análisis cluster, en los distintos transectos de los humedales de La Mintzita, se analizó la similitud entre cada uno de los transectos muestreados encontrándose que para la época de lluvias del 2005, el transecto 5 es el que se encuentra más alejado de los demás transectos, ya que es el transecto que presenta el mayor número de especies (18), en tanto que los transectos que presentaron el mayor porcentaje de similitud fueron los transectos 1 y 3, esto por la presencia de *Hydrocotyle verticillata*, separándose el transecto 2 por la presencia y abundancia de una gramínea (figura 15).

Para la época de lluvias del 2006 el transecto 5 sigue siendo el más diferente a los otros cuatro transectos, sin embargo en este año los transectos con mayor porcentaje de similitud fueron los transectos 3 y 4, esto por la presencia y dominancia de *Typha domingensis* a lo largo del transecto (figura 16).

RESULTADOS: CAPÍTULO I

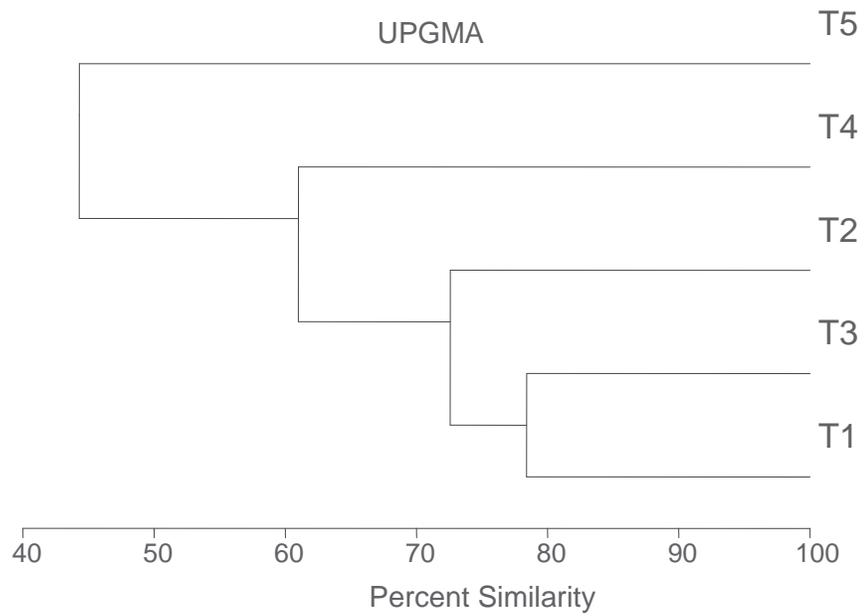


Fig. 15. Dendrograma que muestra la agrupación de los transectos de la época de lluvia del 2005 de La Mintzita. Elaborado con UPGMA y el % de similitud.

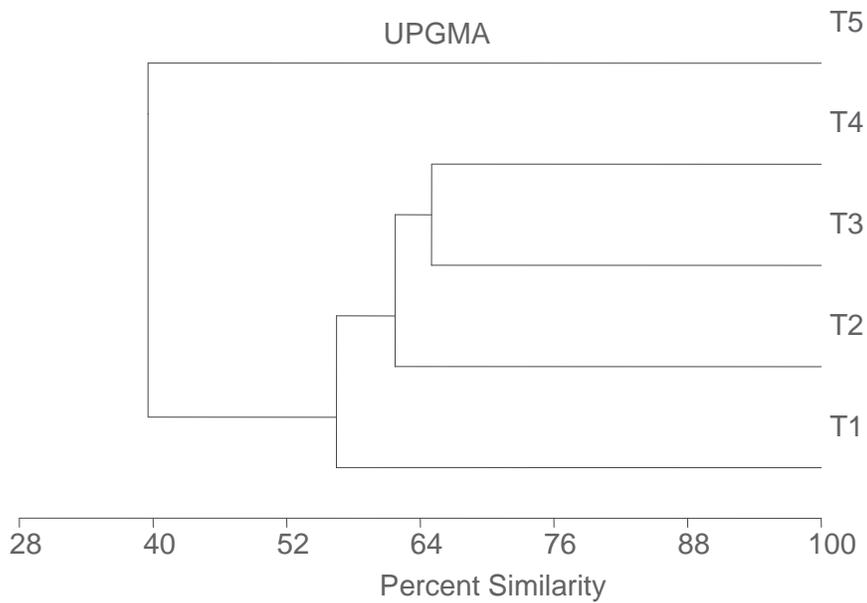


Fig. 16. Dendrograma que muestra la agrupación de los transectos de la época de lluvia del 2006 de La Mintzita. Elaborado con UPGMA y el % de similitud.

RESULTADOS: CAPÍTULO I

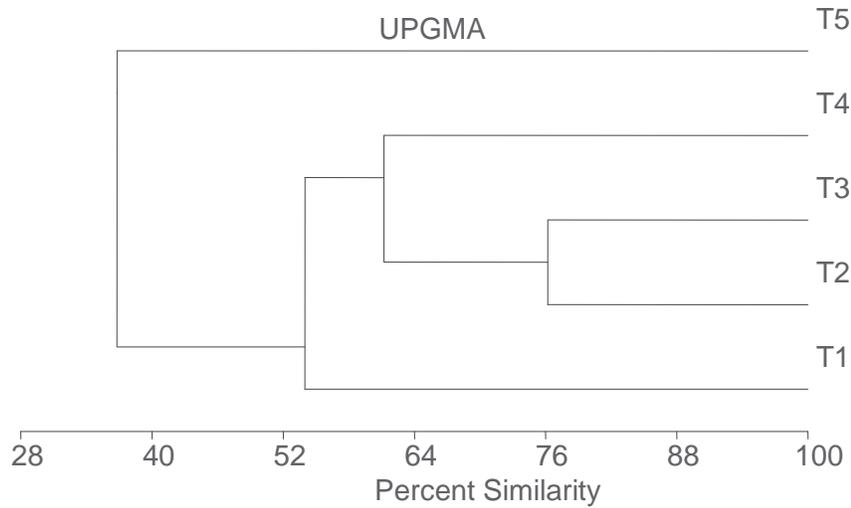


Fig. 17. Dendrograma que muestra la agrupación de los transectos de la época de sequía del 2005 de La Mintzita. Elaborado con UPGMA y el % de similitud.

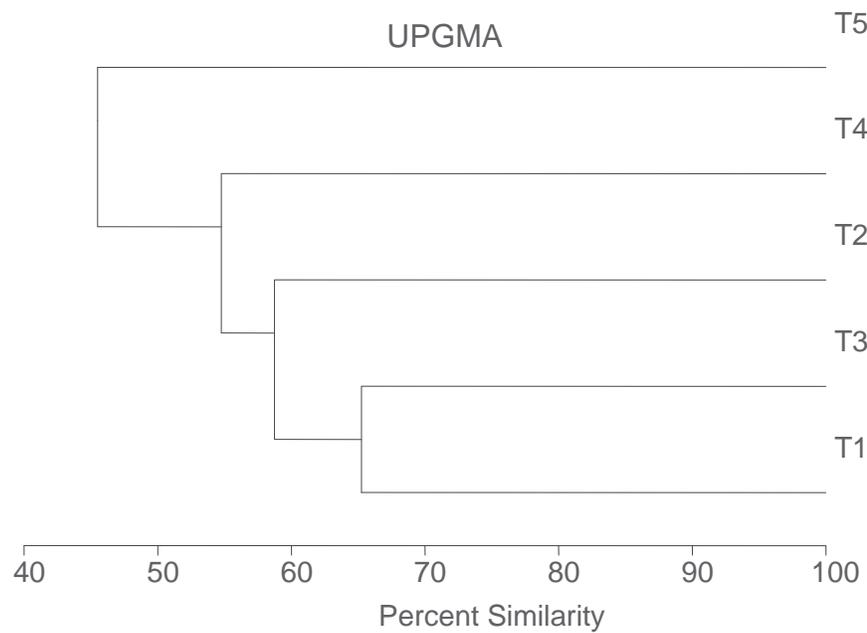


Fig. 18. Dendrograma que muestra la agrupación de los transectos de la época de sequía del 2006 de La Mintzita. Elaborado con UPGMA y el % de similitud.

RESULTADOS: CAPÍTULO I

En la época de sequía del 2005 (figura 17) los transectos se agrupan claramente en dos grupos, el primero es el transecto 5, ya que presenta 23 especies, de las cuales la mayoría no están presentes en los demás transectos, en el otro grupo el transecto 1 se separa de los otros tres transectos, ya que de las 13 especies que presenta ninguna es dominante como sucede en el transecto 2 y 3 cuya especie dominante es la *T. domingensis*.

Para el 2006 en la época de sequía el transecto 5 sigue siendo el que presenta menor porcentaje de similitud, en tanto que los sitios 3 y 1 son los semejantes, esto debido a la presencia de *T. domingensis* desde el comienzo del transecto, semejando un poco con el transecto dos por la presencia de *Schoenoplectus americanus* en los primeros 20 metros (figura 18).

Tanto para la época de lluvias como de sequía en los dos años muestreados los transectos que presentaron mayor variación fueron los sitios 1, 2, 3, y 4 en especial 2 y 3, siendo a su vez transectos con variación en los mg/L de nitratos y fosfatos.

Para la comparación entre los tres sitios de interés y con la finalidad de conocer que tan similares son, con los datos obtenidos, referentes a el número de especies en cada sitio, se analizaron mediante una matriz de similitud, con dos de los índices más empleados y así determinar que sitios comparten mayor semejanzas (tabla 3).

Tabla 3. Índice de Jaccard y Sorensen para los humedales de La Mintzita, Zacapu y Pátzcuaro.

Índice de Jaccard Índice de Sorensen	La Mintzita	Zacapu	Pátzcuaro
La Mintzita		0.556	0.509
Zacapu	<u>0.385</u>		0.410
Pátzcuaro	<u>0.341</u>	<u>0.258</u>	

RESULTADOS: CAPÍTULO I

Al analizar la tabla anterior, se encontró que los sitios que comparten mayor similitud son: los humedales de Zacapu con los humedales de La Mintzita, así como los que presentaron mayor disimilitud fueron los humedales de Zacapu con los humedales de Pátzcuaro, esto debido a que Pátzcuaro es un sitio más perturbado, con menor número de especies y con dominancia de *T. domingensis*, por su parte los humedales de la Mintzita y Zacapu, comparten muchas de las especies registradas, y además no presentan dominancia en su totalidad de *T. domingensis*, sin embargo los humedales de Zacapu, presentan mayor perturbación antropogénica que los humedales de La Mintzita.

DISCUSIÓN: CAPÍTULO I

1.4. DISCUSIÓN

Comparando los resultados obtenidos con los autores antes mencionados, se encontró que el grado de perturbación favorece la pérdida de especies e incrementa la abundancia de especies del género *Typha*.

Debido al grado de perturbación antropogénica que han sufrido los cuerpos de agua dulce en Michoacán y por los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que el humedal con mayor grado de alteración es el del Lago de Pátzcuaro, seguido por el del Lago de Zacapu y finalmente el humedal del Manantial de La Mintzita, lo cual se puede ratificar con la riqueza de especies encontradas y las especies, como lo menciona Werner y Zedler (2002), quienes mencionan que *Carex sp.*, se encuentra en sitios que no están sujetos a perturbación antropogénica continua, dicha especie sólo se encontró en el humedal de La Mintzita, en tanto que para Zacapu y Pátzcuaro, *Typha sp.*, fue la especie que se colectó con mayor frecuencia, lo cual nos indica un mayor grado de perturbación, la cual se ve favorecida por el incremento en los aportes de los nutrientes hasta llegar a convertirse en una especie invasora pese a que es una especie nativa.

Una vez que se incrementan los aportes de nitratos y de fósforo, principalmente se observa pérdida de algunas especies y otras se ven favorecidas, desplazando a especies nativas, y otras que aunque son nativas se vuelven dominantes, ya que las condiciones de nutrientes se incrementan y no todas las especies son capaces de filtrar o adaptarse a altos niveles, volviendo se así especies invasoras, como antes lo mencionado Cronk, 1996 en trabajos realizados con *Typha sp.*, quien es una especie capaz de retener altas concentraciones de nutrientes y proliferar de manera exitosa.

La captura de nutrientes por parte de algunas especies es un factor determinante para la estructura y composición de los humedales, tal es el caso del humedal de Pátzcuaro, donde los aportes de nutrientes son altos, por lo que se ha perdido la riqueza de especies y *Typha sp.*, se ha visto favorecida, llegando a ser una especie invasora. En el humedal de Zacapu, el aporte de nutrientes es medio, sin embargo existen zonas donde se están desplazando especies, y se

DISCUSIÓN: CAPÍTULO I

están perdiendo algunas macrófitas, finalmente de los tres humedales estudiados, los correspondientes a La Mintzita aún no presentan grandes cantidades de nutrientes, por lo que en la parte cercana al agua es donde se encuentra con mayor frecuencia al género *Typha*, sin llegar a ser dominante, ya que se encuentran otras especies, las cuales se desarrollan exitosamente, permitiendo una riqueza de especies mayor a los otros sitios, por lo que este sistema es aun eficiente en la captura de nitrógeno y fósforo.

CONCLUSIONES: CAPÍTULO I

1.5. CONCLUSIONES

- El incremento en las perturbaciones principalmente de origen antropogénico favorecieron la pérdida de algunas especies.
- Las condiciones ambientales después de las perturbaciones ayudaron al incremento en cobertura y rango de distribución de *Typha domingensis*.
- De los tres humedales estudiados, los que se ubican en los lagos de Pátzcuaro y de Zacapu, fueron los que presentaron el menor número de especies, en tanto que los humedales del manantial de La Mintzita, fueron los más ricos en especies.
- El incremento en los aportes de nitratos y fosfatos favorece el establecimiento de *Typha domingensis* y contribuye a que algunas especies a desaparecer.
- Solamente en los humedales del manantial de La Mintzita se encontró *Carex sp.*, cuyas especies son indicadoras de que las perturbaciones no son severas.
- La diversidad de especies de plantas depende de la presencia de *Schoenoplectus americanus* y *Typha domingensis*, especies que forman una matriz compleja con áreas donde ambas especies coexisten que presentan el número más alto de especie de plantas y diversidad.

BIBLIOGRAFÍA: CAPÍTULO I

1.6. BIBLIOGRAFÍA

- APHA. 1992. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 17a. ed. APHA. WPCF A.W.W.A. USA. 1193 pp.
- Bernard, J.M. y M.L. Fitz. 1979 "Seasonal changes in aboveground primary production and nutrient contents in a central New York *Typha glauca* ecosystem" Bulletin of the Torrey Botanical Club. 106(1):37-40.
- Brown, A. L. 1976. "Ecology of fresh water". Heineman educational Books. Londres. 129 pp.
- Cronk, J. K. 1996. Constructed wetlands to treat wastewater from dairy and swine operations: A review. Agriculture Ecosystems and Environment 58: 97-114.
- Elton, C. S. 1958. "The ecology of invasions by animals and plants" Methuen, London.
- Kirk, E. (ed.). 1990 "Urban Wetlands in the Yahara-Monona Watershed: Functional Classification and Management alternatives". Institute for Environmental Studies, University of Wisconsin, Madison, WI, USA.
- Kovach Computing Services. 1998. MVSP. Versión 3.01.
- Lehman, C.L y D. Tilman. 2000. "Biodiversity, stability, and Productivity in Competitive Communities" The American Naturalist 156(5) 534-552.
- Lindig-Cisneros, R. y J. B. Zedler. 2002a. "Relationships between canopy complexity and germination microsites for *Phalaris arundinacea* L." Oecología 133:159-167.
- Lindig-Cisneros, R. y J. B. Zedler. 2002b. "*Phalaris arundinacea* seedling establishment: effects of canopy complexity in fen, mesocosm, and restoration experiments." Canadian Journal of Botany 80: 617-624.
- Lot, A., A. Novelo y P. Ramírez. 1998. "Diversidad de la flora acuática mexicana. En: T.P. Ramamoorthy, *et. al* (eds), Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución". Instituto de Biología UNAM. México. 563-580.

BIBLIOGRAFÍA: CAPÍTULO I

- Lot, A., A. Novelo, M. Olvera y P. Ramírez. 1999. "Catálogo de Angiospermas acuáticas de México. Hidrófilas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes". UNAM. Cuadernos del Instituto de Biología. No.33. 161 pp.
- Lot, A. y A. Novelo. 1998. "Vegetación y flora acuática del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México" *The Southwestern Naturalist*, 33(2):167-175.
- Lot, A. 2000. "Plantas acuáticas en los jardines botánicos: ideas sobre el desarrollo de la colecciones" *Boletín Amaranto*. 13(2):13-25.
- Lot, A. y A. Novelo. 2004 "Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores". Instituto de Biología. Dirección de Divulgación Científica. UNAM. 206 pp.
- MacArthur, R. H. 1955. "Fluctuations of animal populations and measure of community stability" *Ecology* 36: 533-536.
- Margalef, r. 1969. "Diversity and stability: a practical proposal and a model of interdependence". In *Diversity and stability in ecological system*. Brookhaven Symposium in Biology 22. Brookhaven National Laboratory, Upton, N.Y. Pp.: 25-37.
- Mason, C. E. y R. J. Bryant. 1975. "Production nutrient content and decomposition of *Phragmites communis* Trin. and *Typha angustifolia* L". *Tour. Ecol.* 63: 71-95.
- Mitchell, S. 1974. "Aquatic vegetation and its use and control". Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. París. 135 pp.
- Naeem, S., K. Hakansson, J.H. Lawton, M.J. Crawley y L.J. y Thompson. 1996. "Biodiversity and plant productivity in a model assemblage of plant species". *Oikos* 76:259-264.
- Naeem, S., L. J. Thompson, S. P. Lawler, J. H. Lawton y R. M. Woodfin. 1994. "Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems" *Nature* 368: 734-736.
- Novelo, A. y A. Lot. 1989. Importancia de la vegetación acuática en los ecosistemas naturales In: *Memorias del simposio internacional sobre la ecología y la conservación del delta de los ríos Grijalva y Usumacinta*. Instituto Nacional

BIBLIOGRAFÍA: CAPÍTULO I

- de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. División Regional Tabasco y Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa. Pp.: 5-14.
- Odum, E. P. 1959. "Fundamentals of ecology" 2d ed. Saunders, Philadelphia.
 - Prentki, R.T., D.S. Rogers, V.J. Watson, P.R. Weiler, y O. I. Loucks. 1977. "Summary tables Lake Wingra basin data". Center for Biotic System, Institute for Environmental Studies. University of Wisconsin, Madison. WI, USA.
 - Prentki, R.T., T. D. Gustafson, y M. S. Adams. 1978. Nutrient movement in lake shore marshes. In R. E. e Good D. F. Whigham, and R. L. Simpson (eds.) freshwater wetlands: Production Processes and Management Potential. Academic Press. New York. Pp. 169-194.
 - Tilman, D. y J.A. Downing. 1994. "Biodiversity and stability in grasslands". *Nature*, 367:363-365.
 - Tilman, D., D. Wedin y J. Knops. 1996. "Productivity and sustaninability influenced by biodiversity in grassland ecosystems". *Nature* 379:718-720.
 - Villaseñor, J.L. y F.J. Espinosa. 1998. "Catálogo de malezas de México" Instituto de Ecología. Fondo de Cultura Económica. UNAM. 448 pp.
 - Werner, K.J. y J.B. Zedler. 2002. "How sedge meadow soils, microtopography, and vegetation respond to sedimentation". *Wetlands* 22(3), 451-466.
 - Zedler, J.B. y S. Kercher. 2004. "Causes and consequences of invasive plants in wetlands: Opportunities oportunitis, and outcomes". *Critical Reviews in Plant Sciences* 23:431-452.

CAPITULO II

“Dinámica de *Typha domingensis* y *Schoenoplectus americanus* en respuesta a la adición de fósforo y nitrógeno”

Resumen

Los humedales son fuentes de importantes servicios ecosistémicos y son fundamentales para la conservación de la biodiversidad. Los humedales son susceptibles al ser humano, el cual causa múltiples perturbaciones que incluyen el aumento en las cargas de nutrientes e invasión especies introducidas. Es por eso la importancia de conservar los humedales del manantial de La Mintzita, por lo cual mediante la evaluación experimental en mesocosmos, se midió el efecto de la adición de nitrógeno, fósforo y la combinación de ambos en el crecimiento de *Schoenoplectus americanus* y *Typha domingensis*.

En el experimento con mesocosmos, *S. americanus* respondió de manera significativa a la adición de la combinación de nitrógeno y fósforo, presentando un aumento considerable en su biomasa aérea, en tanto que *T. domingensis* incrementó el número de rizomas en respuesta a la adición de nitrógeno.

Ambos nutrientes han aumentado en el sitio de estudio por consecuencia de perturbaciones antropogénicas, el nitrógeno lixiviado y el incremento en el fósforo, proveniente principalmente de incendios. Estos nutrientes son un problema serio para la supervivencia de varias especies nativas. Ya que *T. domingensis* responde a la adición de nitrógeno, este podría poner a competir al *S. americanus* hasta desaparecerlo.

Como la mayor cantidad de fósforo se obtiene mediante los incendios, éstos podrían ser utilizados de forma controlada como herramienta de dirección, ya que este beneficiaría al *S. americanus*, evitando que *T. domingensis* se vuelva una especie dominante, lo cual evitaría que en condiciones naturales, los humedales del manantial de la Mintzita se vuelvan monotípicos.

Palabras claves: nutrientes, incendios, restauración, diversidad, invasivas

CAPITULO II

“Dynamics of *Typha domingensis* and *Schoenoplectus americanus* in response to nitrogen and phosphorus addition”

Abstract

Wetlands provide a large proportion of ecosystem services and are fundamental for biodiversity conservation. Wetlands are susceptible to multiple human caused disturbances including increased nutrient loads and invasion by introduced species. As part of a larger study for restoring and managing The Mintzita wetland complex that provides ca. 40% of the water to the city of Morelia, capital of the state of Michoacan, México (population 800,000) we assessed vegetation structure and through a mesocosm experiment the effect of nitrogen and phosphorus addition on growth of the dominants *Schoenoplectus americanus* and *Typha domingensis*.

Our results show that plant diversity depends on the co-existence of both dominant species that create a zonation with *S. americanus* close to the upland edge of the wetland and *T. domingensis* close to the open-water edge, with an area of co-existence in between. In the mesocosm experiment, *S. americanus* responded to nitrogen and phosphorus addition and *T. domingensis* only to nitrogen addition. Both nutrients have increased in our study system consequence of different human disturbances, nitrogen leaches from the watershed and provoked wetland fires release phosphorus. Because *Typha domingensis* responds to nitrogen additions it might be able to out-compete *S. americanus*. Because fires release phosphorus, controlled fires may be used as a management tool, because fires volatilize nitrogen and release phosphorus that benefit *S. americanus*.

Key Words: nutrients, fire, restoration, management, diversity, invasive

CAPÍTULO II

“Dinámica de *Typha domingensis* y *Schoenoplectus americanus* en respuesta a la adición de fósforo y nitrógeno”

2.1 INTRODUCCIÓN

Cambios en la composición de las comunidades de plantas provocan la pérdida de diversidad en numerosos humedales alrededor del mundo, debido a la adición de nutrientes. Existen muchas teorías sobre los mecanismos de competencia (en condiciones de cambios de nutrientes), (Grime, 1979; Vermeer and Berendse, 1938; Tilman, 1987, 1994, Visheu and Keddy, 1989; Moore *et al.*, 1989 Keddy *et al.*, 1994). La limitación de nutrientes ha generado que se reconozca el incremento en el crecimiento en respuesta a la adición de nutrientes limitantes (Chapin *et al.*, 1986; Binkley and Vitousek, 1989), por lo que se han realizado diversos experimentos controlados (mesocosmos) llevándose a cabo fertilizaciones principalmente con N (nitrógeno) y P (fósforo) y N-P en diferentes concentraciones con diferentes especies vegetales, con el propósito de predecir la limitación del nutriente en comunidades de plantas de humedales de agua dulce.

La pérdida de diversidad de especies en humedales esta asociada con incrementos en las concentraciones de nutrientes. En particular, especies del género *Typha*, son conocidas por tender a crear condiciones monotípicas; en un estudio con mesocosmos se determinó el efecto de la adición del nitrógeno (N), fósforo (P) y nitrógeno-fósforo (N-P), en la dinámica de dos especies (*Typha latifolia* y *Schoenoplectus tabernaemontani*), evaluando biomasa y la dinámica de los nutrientes, encontrando que *Typha* responde con un alto crecimiento en condiciones altas de nutrientes más que *Schoenoplectus tabernaemontani*, esto durante el primer año, pero *Schoenoplectus tabernaemontani* responde más que la *Typha* en el segundo año, cuando termina la adición de nutrientes. *Typha* creció mejor en cuanto a la biomasa

INTRODUCCIÓN: CAPÍTULO II

registrada con el tratamiento de N-P, en tanto que no se incrementa con el N y P por sí solos, cuando está creciendo con *Schoenoplectus* (Svengsouk & Mitsch, 2001).

Cuando los humedales reciben escurrimiento urbano *Typha* spp. y otras especies invasoras desplazan a la vegetación nativa. Woo y Zedler en el 2002, realizaron un estudio de la habilidad que tienen los nutrientes (N y P) para incrementar el crecimiento de *Typha x glauca* (un híbrido entre *T. latifolia* y *T. angustifolia*) y otras especies. Donde añadieron fertilizante a diversos niveles, encontraron una respuesta favorable en el incremento de la biomasa en el híbrido, mientras que gramíneas nativas como *Carex* spp. no respondieron a ninguno de los tratamientos, por lo que concluyen que una vez que los nutrientes se incrementan, algunas especies más competitivas desplazan a las especies nativas.

Las especies del género *Typha*, son nativas en muchos tipos de humedales alrededor del mundo, no obstante, algunas especies se han vuelto invasivas debido a los cambios en regimenes de perturbación o cambios de nutrientes (Corteje y Zedler 2002, Zedler y Kercher 2004) o porque forman híbridos agresivos (Levin et al. 2006, Gaskin y Schaal 2002, el Galatowitsch et al. 1999). Las especies de *Typha* son un desafío de manejo debido al potencial de invasión si el cambio de las condiciones las favorece, pero al mismo tiempo, su estado nativo hace indeseable eliminarlas. *Typha domingensis* es una especie característica de muchos humedales de agua dulce y salobre en México occidental, ocupando zonas mono-específicas densas en las áreas perturbadas (Rojas Moreno y Novelo Retana 1995, Ramos Ventura y Novelo Retana 1993).

En muchos humedales bien conservados, la vegetación muestra un zonación donde *Schoenoplectus americanus* es dominante en la parte más alta del humedal, en tanto que *T. domingensis* es dominante cerca del borde de agua. Cuando los humedales son alimentados por manantiales, la riqueza de las especies es la más alta para humedales de agua dulce en toda la región. En un estudio en el humedal de La Mintzita, sistema importante cerca de la ciudad de Morelia en el estado de Michoacán, México, y como parte de un estudio más grande para evaluar la diversidad de la plantas y como la perturbación afecta a la diversidad, se determinó que su estado de conservación todavía es satisfactorio, a pesar de que las cargas nutrientes han

INTRODUCCIÓN: CAPÍTULO II

aumentado (Gómez 2003, Ledesma 2001). Una preocupación mayor es el efecto de entradas de nutrientes que puede alterar la dinámica de la vegetación y la posibilidad de que *T. domingensis* encuentre las condiciones adecuadas y se vuelva invasora. Para probar esta última posibilidad, se realizó un experimento con mesocosmos para evaluar el efecto del incremento de nitrógeno y fósforos en presencia de *S. americanus* y *T. domingensis*.

En el sistema de referencia, La Mintzita, las especies dominantes son los *T. domingensis* Presl. y *S. americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz y Keller. Otra especie nativa común es *S. tabernaemontani* y *Phragmites australis*, que es una especie invasora, domina algunas áreas menores. Dos de los mayores impactos al humedal son las entradas de nitrógeno provenientes del cuerpo de agua y la descarga de fósforo producto de los incendios. La mayoría de los incendios no alcanza en su totalidad al humedal, ya que son incendios agrícolas en las áreas adyacentes al humedal, en raras ocasiones los incendios naturales ocurren. Otras perturbaciones son la extracción ocasional de *S. americanus* que es empleado como forraje y de *T. domingensis* cuyos tallos se usan para artesanías tradicionales.

MATERIALES Y MÉTODOS: CAPÍTULO II

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1. Trabajo de Laboratorio

Se prepararon 30 mesocosmos durante mayo del 2005, en las instalaciones del Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Cada mesocosmo con capacidad de 210-L (100 x 68 x 40 centímetros) y un área superficial de 0.58 m^2 , (Figura 1a) fue llenado con una mezcla 1:1 de tierra localmente colectada y turba comercial. Los mesocosmos fueron nivelados y conectados con tubos de PVC a un tanque de agua con una válvula flotante que mantuvo el agua al nivel de la superficie de la tierra (± 2 centímetros) en todo los mesocosmos. Los mesocosmos se colocaron en el interior de un estanque que constantemente se inundó (nunca alcanzando más de 10 centímetro del fondo del mesocosmos), permitiendo así que la vegetación del humedal creciera alrededor, lo cual ayudó a que las tinas no se mantuvieran expuestas directamente a la luz del sol (se impidió el crecimiento de las plantas alrededor de cada mesocosmo para así evitar el sombreado sobre las plantas experimentales) (Figura 1b).

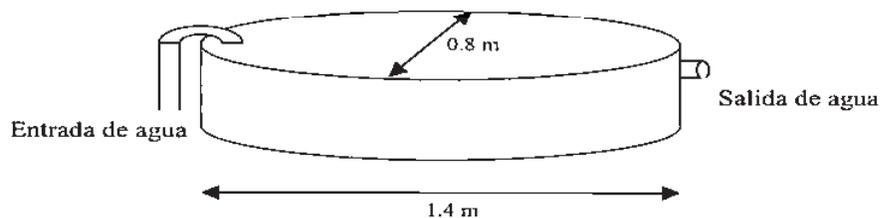


Fig. 1a. Representación esquemática de un mesocosmo que muestra de manera simplificada las dimensiones y las conexiones necesarias para el diseño experimental propuesto.

MATERIALES Y MÉTODOS: CAPÍTULO II



Fig. 1b. Fotografía de los mesocosmos instalados.

Se colectaron rizomas de *Schoenoplectus americanus*, proveniente del humedal de La Mintzita, los cuales fueron plantados en cada mesocosmo, (60 rizomas), en octubre del 2005. Durante marzo del 2006, se contaron los tallos de *S. americanus* en cada mesocosmo y se seleccionaron 20 mesocosmos para el experimento, los cuales presentaron en promedio 100 rizomas, que es la densidad aproximada observada después de los incendios en el humedal natural. Se utilizaron cinco replicas para cada uno de los tres tratamientos: la adición de nitrógeno (el tratamiento de N), la adición de fósforo (el tratamiento de P), y la combinación de nitrógeno y fósforo (N + P) y el control (el tratamiento del C) los mesocosmos se asignaron al azar a cada tratamiento. Durante la primera semana de junio del 2006, se plantaron dos rizomas de *T. domingensis*, previamente pesados, en el centro de cada mesocosmo con una distancia de 30 centímetros entre ambos. Se adicionaron los nutrientes cada mes durante cinco meses iniciando la última semana de junio del 2006.

Cada mesocosmo de N se fertilizó con 28.6 g de KNO_3 , los mesocosmos de P con 13 g de KH_2PO_4 y los mesocosmos de N + P con 28.6 g de KNO_3 y 13 g de KH_2PO_4 . Durante el mes de diciembre se cuantificaron el número de tallos de *S. americanus* para cada mesocosmo, y posteriormente se cortaron todos los tallos al igual que los de *Typha*, y se extrajeron los

MATERIALES Y MÉTODOS: CAPÍTULO II

rizomas de *Typha*, los cuales fueron etiquetados para su posterior secado en hornos a una temperatura de 60 °C para la obtención de peso seco.

2.2.2. Trabajo de Gabinete

Los datos obtenidos se analizaron con ANOVA o ANCOVA (Crawley 2002), se verificaron los residuales para verificar que se cumpliera con los supuestos de los análisis. Todos los análisis se llevaron a cabo mediante el uso del paquete estadístico S-plus 2000 (Statistical Sciences 1999).

RESULTADOS: CAPÍTULO II

2.3. RESULTADOS

El desarrollo del dosel de *Schoenoplectus americanus* difirió entre los tratamientos de fertilización (Tabla 1). El mayor aumento en el número de tallos se registró en los mesocosmos cuyo tratamiento fue N + P, que obtuvo un incremento promedio de 510 (\pm 34) tallos/mesocosmo, seguido por los del tratamiento con P, 342 (\pm 24) tallos/mesocosmo, posteriormente los mesocosmos control 328 (\pm 41) tallos/mesocosmo; y finalmente los mesocosmos de N obtuvieron el incremento más bajo, 293 (\pm 18) tallos/mesocosmo. El ANOVA realizado indica que la adición de nitrógeno es significativa ($F(1,16) = 4.78$, $p = 0.044$) porque en conjunto, los mesocosmos con la adición de nitrógeno tenían 402 ± 40 tallos y mesocosmos sin este nutriente agregado tenían 335 ± 22 tallos. Sin embargo fue más significativo la adición de fósforo ($F(1,16) = 14.43$, $p = 0.001$), ya que los mesocosmos con fósforo presentaron 426 ± 34 tallos en tanto que los mesocosmos sin adición de fósforo tenían 311 ± 22 tallos. Por lo que la interacción entre ambos factores también fue altamente significativa ($F(1,16) = 11.09$, $p = 0.004$).

El incremento fue de cinco veces más en el número de tallos en los mesocosmos de N + P, teniendo como consecuencia que el número final de tallos de *S. americanus* fuera de 603 (\pm 40) tallos/mesocosmo al final del experimento. Los mesocosmos de P tenían 423 tallos en promedio (\pm 28) tallos/mesocosmo, los mesocosmos control 411 (\pm 40) tallos/mesocosmo y los mesocosmos con N 388 (\pm 24) tallos/mesocosmo. Estas diferencias entre los tratamientos en el número de tallos por mesocosmo al final del experimento también fueron significantivos. La adición de nitrógeno fue significativa ($F(1,16) = 5.46$, $p = 0.033$), ya que los mesocosmos con nitrógeno tuvieron al final del experimento 495 (\pm 42) tallos y sin la adición de nitrógeno 417 (\pm 22) tallos. Semejantes fueron los resultados en el incremento del número de tallos/mesocosmo, pero con mayor significancia fue la adición de fósforo ($F(1,16) = 11.54$, $p = 0.004$), ya que estos mesocosmos tenían 513 (\pm 38) tallos y sin fósforo 399 (\pm 22) tallos, la interacción también fue significativa ($F(1,16) = 9.12$, $P = 0.008$). En tanto que para el peso seco de los tallos de *S. americanus* provenientes de cada tratamiento, los mesocosmos de N + P fueron los que obtuvieron el valor más alto (2080 g) y el más bajo, fue para los mesocosmos C (1520g), pero las diferencias no fueron estadísticamente significantes.

RESULTADOS: CAPÍTULO II

El crecimiento de *Typha domingensis* difirió entre los tratamientos (Tabla 1). La acumulación de la biomasa aérea fue muy inconstante dentro de los tratamientos y entre ellos. Se obtuvieron los valores más altos y variabilidad en los mesocosmos de N + P con un promedio de 395 (\pm 137) g/mesocosmo. En tanto que los mesocosmos de N tenían el segundo valor de biomasa acumulada, 258 (\pm 71) g/mesocosmo, seguidos por los mesocosmos control, 226 (\pm 84) g/mesocosmo; y finalmente los mesocosmos de P, 214 (\pm 99) g/mesocosmo. Mediante un ANCOVA, usando el cambio en el número de tallos de *S. americanus* como la covariable, se obtuvo que la adición de nitrógeno es marginalmente significativa (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de covarianza con datos transformados (log), de biomasa aérea de *Typha domingensis* en respuesta al cambio en el número de tallos de *Schoenoplectus americanus* (Ch. N. S.) como covariable y los efectos del nitrógeno, fósforo, y la combinación de ambos nutrientes como variables.

	Valor	Error Std.	T	P
Intercepto	6.846	1.193	5.737	<0.001
Ch. N. S.	-0.004	0.003	-1.326	0.205
Nitrógeno	0.420	0.221	1.897	0.077
Fósforo	0.339	0.268	1.266	0.225
Nitrógeno + Fósforo	0.275	0.253	1.088	0.294

El incremento en el número de rizomas de *T. domingensis* en cada mesocosmo respondió a la adición de nutrientes. El número más alto de nuevos rizomas se encontró en el tratamiento N + P con un promedio de 8 (\pm 1) rizomas/mesocosmo, cerca de este valor fue el tratamiento de N con un promedio de 7 (\pm 1) rizomas/mesocosmo, y finalmente el tratamiento de P tenía el más bajo número de rizomas, 5 (\pm 1), al igual que los mesocosmos control, 5 (\pm 1) rizoma/mesocosmo.

El ANCOVA (Tabla 3) indica que sólo de la adición de nitrógeno causó un efecto significativo después del efecto del cambio en el número de tallos de *S. americanus*,

RESULTADOS: CAPÍTULO II

considerado como la covariable (Figura 2), los mesocosmos con adición de nitrógeno tenían 8 (± 1) rizomas y los mesocosmos que no se les adicionó nitrógeno tenían 5 (± 1) rizomas.

Se detectaron diferencias en el peso seco de los rizomas. Los valores más altos se obtuvieron en el tratamiento N + P, 56 (± 13) g y el más bajo en los mesocosmos C, las diferencias no fueron estadísticamente significantes, lo mismo que para la relación observada para la proporción aérea y la biomasa seca.

Tabla 3. Análisis de covarianza para el número rizomas de *Typha domingensis* que crecieron durante el experimento. El cambio en el número de tallos de *Schoenoplectus americanus* (Ch. N. S.) fue usado como covariable debido al fuerte efecto en el mesocosmo control. Los efectos de nitrógeno, fósforo y la combinación de ambos nutrientes fueron usados como variables.

	Valor	Error Std.	T	P
Intercepto	3.648	0.738	4.946	<0.001
Ch. N. S.	-0.003	0.002	-1.669	0.116
Nitrógeno	0.368	0.137	2.694	0.017
Fósforo	0.182	0.166	1.101	0.288
Nitrógeno + Fósforo	0.222	0.156	1.421	0.176

RESULTADOS: CAPÍTULO II

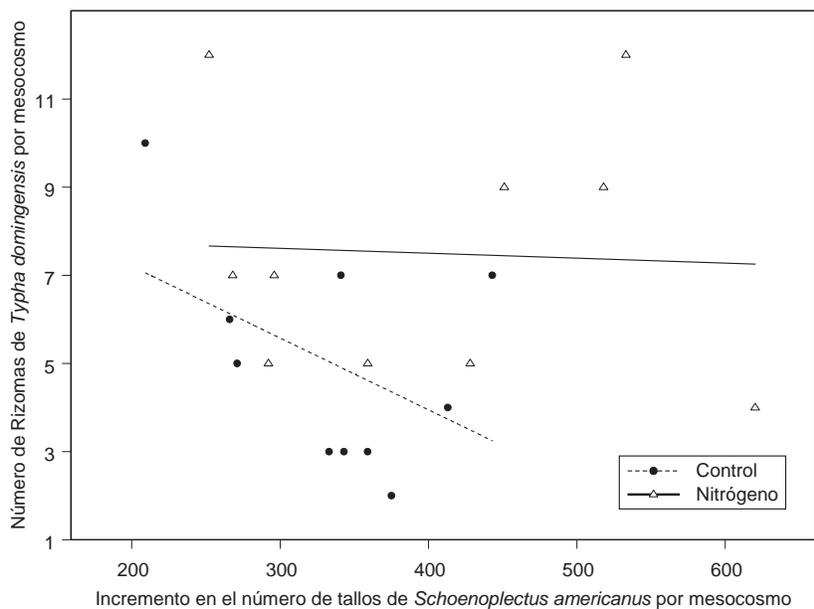


Fig. 2. Respuesta de *Typha domingensis* a la adición de nitrógeno como el incremento en el número de rizomas después del período experimental. Esto como efecto por el incremento en el número de tallos de *Schoenoplectus americanus* en el mesocosmo control donde el número de rizomas decreció y el número de tallos *Schoenoplectus americanus* se incremento.

RESULTADOS: CAPÍTULO II

Tabla 1. Respuesta de *Typha domingensis* y *Schoenoplectus americanus* a los diferentes tratamientos en los mesocosmos (media y errores estándar).

Tratamiento	<i>Schoenoplectus americanus</i>				<i>Typha domingensis</i>			
	Número final de tallos	Incremento en tallos	Peso de tallos	Biomasa aérea seca	Rizomas	Incremento en el peso de Rizomas frescos	Peso total de Rizomas secos	Biomasa seca área/rizoma
Control	410 ± 40	328 ± 41	1520 ± 201g	226 ± 84g	5 ± 1	67 ± 11g	40 ± 11g	4.8 ± 0.8
Nitrógeno	388 ± 24	293 ± 18	1360 ± 108g	258 ± 71g	7 ± 1	11 ± 31g	54 ± 13g	4.6 ± 0.5
Fósforo	423 ± 27	342 ± 24	1340 ± 289g	214 ± 99g	5 ± 1	71 ± 39g	41 ± 9g	4.5 ± 1
N + P	603 ± 40	510 ± 34	2080 ± 244g	395 ± 137g	8 ± 1	137 ± 57g	56 ± 13g	6.3 ± 0.9

2.4. DISCUSIÓN

En el sistema de referencia, la diversidad de especies de plantas depende de la presencia de *Schoenoplectus americanus* y *Typha domingensis*, especies que forman una matriz compleja con áreas dónde ambas especies coexisten y presentan el número más alto de especie de plantas y diversidad. Los resultados son útiles para entender la dinámica de sistemas complejos y para el manejo de especies potencialmente invasivas, en nuestro caso *T. domingensis*, cuya eliminación no es deseable debido a su estado nativo por su efecto en la biodiversidad. En otros humedales las áreas que muestran perturbación debido a que las cargas de nutrientes son más altas, lo que está empezando a ocurrir en nuestra área de estudio, *T. domingensis* se ha convertido en especie monotípica que cubre grandes áreas. En los humedales del Lago de Cuitzeo que se ubican cerca de la boca de los ríos y cauces que desembocan en el lago y que se contaminan con agua de las áreas urbanas y agrícolas presentan a *T. domingensis* como una especie monotípica (Rojas Moreno y Novelo Retana 1995). Similar, es el caso de los humedales del lago Pátzcuaro, que son dominados por *T. domingensis*, esas áreas son afectadas por la escurrentía de suelos agrícolas (observación personal); caso que también se puede observarse en el Lago de Yuriria (Ramos Ventura y Novelo Retana 1993).

En nuestro experimento, las respuestas a la adición de nutrientes fue diferente para *S. americanus* y *T. domingensis*. *S. americanus* respondió a todos los tratamientos de adición de nutrientes, la adición de nitrógeno más fósforo es el tratamiento más favorable para esta especie, ya que causa un aumento considerable en la densidad de tallos, la adición de fósforo por sí solo tenía el mismo efecto pero de más baja magnitud, cuyas diferencias fueron estadísticamente significativas. El nitrógeno por sí solo no tiene un efecto positivo en el crecimiento de *S. americanus* y su efecto fue importante en la interacción con la adición de fósforo. Aunque para *T. domingensis*, el crecimiento aéreo, así como la biomasa seca, también respondió a la adición de nutrientes, la biomasa más alta fue producto de la adición de nitrógeno, seguida por los mesocosmos con la adición de nitrógeno más fósforo. Se obtuvo el crecimiento más bajo para *T. domingensis*, como la biomasa seca aérea, en los mesocosmos

DISCUSIÓN: CAPÍTULO II

que se adicionó fósforo. Esto contrasta con otros estudios que han mostrado que esta especie responde a los descargas de fósforos después de que incendios en Florida degradaron el humedal (Smith et al. 2001).

T. domingensis también respondió a la adición de nitrógeno aumentando el número de rizomas. El efecto de este nutriente era estadísticamente significativo después de responder al efecto del crecimiento de *S. americanus*, el cual se midió como el incremento en el número de tallos durante la época de crecimiento. Los datos obtenidos muestran que mientras los niveles de nutrientes sean bajos (los mesocosmos control), la densidad de tallos de *S. americanus* se incrementa, en tanto que el número de rizomas de *T. domingensis* decrece. La relación entre estas dos especies en presencia del nitrógeno, ambas responden aumentando su crecimiento, *S. americanus* alcanza más altas densidades de tallos que bajo las condiciones del control y *T. domingensis* incrementa su número de rizomas, pero la relación entre ambas variables ya no existe. Esto sugiere que por lo menos bajo entradas altas de nitrógeno, algunas plantas de *T. domingensis* puedan "escapar" del efecto de *S. americanus* y desarrollar un gran número de rizomas, un mecanismo de desplazamiento potencial si las condiciones de altas concentraciones nitrógeno permanecen por períodos largos de tiempo o por más de una temporada de crecimiento.

La concentración de nitrógeno ha aumentado en los humedales de la Mintzita debido a los cambios en la interfase agua-tierra (Gómez 2003, Ledesma 2001); al mismo tiempo los incendios son una ocurrencia común debido a incendios agrícolas que se propagan en el humedal. En los últimos cuatro años, tres incendios han ocurrido durante la estación de sequía en el mes de febrero. Nuestros resultados sugieren que *S. americanus* se incrementará porque responde al nitrógeno y las adiciones de fósforo, y responde particularmente bien a la combinación de ambos. Ambos nutrientes han aumentado en respuesta a las diferentes perturbaciones antropogénicas. En tanto que *T. domingensis* responde a la adición de nitrógeno, y si las concentraciones de este nutriente continúan incrementándose podría desplazar a *S. americanus*.

El fósforo proveniente de incendios controlados podría emplearse como una herramienta de dirección, pero su efecto en otras especies es actualmente desconocido. En otros sistemas de

DISCUSIÓN: CAPÍTULO II

humedales los incendios controlados son empleados para las especies cuyo establecimiento es por medio de semillas y que es lento (Clarkson 1997) sin embargo debe de actuarse con cautela antes de aplicar los incendios como una medida estratégica.

CONCLUSIONES: CAPÍTULO II

2.5. CONCLUSIONES

- *Schoenoplectus americanus*, incrementó su biomasa aérea con los tratamientos empleados, sin embargo la combinación de nitrógeno-fósforo fue el más favorable, causando un aumento considerable en la densidad de tallos.
- *Typha domingensis* presentó un mayor incremento en el número de rizomas en respuesta a la adición de nitrógeno.
- Las dos especies estudiadas en condiciones experimentales aumentan su crecimiento con la adición de nitrógeno.
- De continuar incrementándose los aportes de fósforo y nitrógeno principalmente, *S. americanus* se incrementará ya que responde muy bien a la combinación de ambos nutrientes.
- *T. domingensis* es favorecida por el incremento del nitrógeno, por lo que de seguir incrementándose podría desplazar a *S. americanus*.

BIBLIOGRAFÍA: CAPÍTULO II

2.6. BIBLIOGRAFÍA

- Clarkson, B.R. 1997. Vegetation recovery following fire in two Waikato peatlands at Whangamarino and Moanatuatua, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 35: 167-179.
- Costanza R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton y M. van der Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-59.
- Crawley, M.J. 2002. *Statistical Computing: An Introduction to Data Analysis Using S-Plus*. John Wiley y Sons, England.
- Cronk, Q.C.B. 1995. *Plant invaders*. Chapman and Hall, London, U.K.
- Detenbeck, N.E., Galatowitsch SM, Atkinson J & Ball H (1999) Evaluating perturbations and developing restoration strategies for inland wetlands in the Great Lakes basin. *Wetlands* 19: 789-820.
- Galatowitsch, S.M., N. O. Anderson and P.D. Ascher. 1999. Invasiveness in wetland plants in temperate North America *Wetlands* 19: 733-755.
- Gaskin, J.F., B.A. Schaal. 2002. Hybrid *Tamarix* widespread in US invasion and undetected in native Asian range. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 11256-11259.
- Gómez, M.J. 2003. Evaluación de la calidad del agua con base en los parámetros fisicoquímicos, productividad primaria y análisis bacteriológico de la presa la Mintzita, Municipio de Morelia, Michoacán, México. Senior Thesis. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Hobbs, R.J. 1991. Disturbance as a precursor to weed invasion in native vegetation. *Plant Prot. Q.* 6: 99-104.
- Houlalahan, J. E. and C. S. Findlay. 2004. Effect of invasive plant species on temperate wetland plant diversity. *Conservation Biology* 18: 1132-1138.

BIBLIOGRAFÍA: CAPÍTULO II

- Khan, F.A. and A.A. Ansari. 2005. Eutrophication: An ecological vision Botanical Review 71: 449-482.
- Knops, J.M.H., J.R. Griffin and A.C. Royalty. 1995. Introduced and native plants of the Hastings reservation, central coastal California: a comparison. Biol. Conserv. 71: 115–123.
- Ledesma, F.A. 2001. Calidad del agua en la presa la Mintzita estado de Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Levin, L.A., C. Neira and E.D. Grosholz. 2006. Invasive cordgrass modifies wetland trophic function Ecology 87: 419-432.
- Nicholas, L. A., K. J. Jankowski, N. C. Tuchman and J. J. Kelly. 2006. Effects of an invasive cattail species (*Typha x glauca*) on sediment nitrogen and microbial community composition in a freshwater wetland. FEMS Microbiological Letters 263: 86-92.
- Prepas, E.E., D. Planas, J.J. Gibson, D.H. Vitt, T.D. Prowse, W.P. Dinsmore, L.A. Halsey, P.M. McEachern, S. Paquet, G.J. Scrimgeour, W.M. Tonn, C.A. Paszkowski and K. Wolfstein. 2001. Landscape variables influencing nutrients and phytoplankton communities in Boreal Plain lakes of northern Alberta: a comparison of wetland- and upland-dominated catchments Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 58: 1286-1299.
- Ramos Ventura L. J. and A. Novelo Retana. 1993. Vegetación y flora acuáticas de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. Acta Botánica Mexicana 25: 61-79.
- Rejmánek, M. 1989. Invasibility of plant communities. In Biological invasions; a global perspective. Edited by J.A. Drake, H.A. Mooney, F. di Castri, R.H. Groves, F.J. Kruger, M. Rejmanek, and M. Williamson. John Wiley & Sons, London, U.K. pp. 369–388.
- Rojas Moreno, J. and A. Novelo Retana. 1995. Flora y vegetación acuáticas del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Acta Botánica Mexicana 31: 1-17.

BIBLIOGRAFÍA: CAPÍTULO II

- Smith, M.D., and A.K. Knapp. 1999. Exotic plant species in a C4-dominated grassland: invasibility, disturbance, and community structure. *Oecologia* 120: 605–612.
- Smith, S.M., S. Newman, P.B. Garret and J. A. Leeds. 2001. Differential effects of surface and peat fires on soil constituents in a degraded wetland of the Northern Florida Everglades. *Journal of Environmental Quality* 30: 1998-2005.
- Statistical Sciences. 1999. S-Plus, Version 2000 for Windows. Mathsoft Inc. Seattle Washington, USA.
- Tilman, D. 1997. Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology*, 78: 81–92.
- Werner, K.J. and J.B. Zedler. 2002. How sedge meadow soils, microtopography, and vegetation respond to sedimentation. *Wetlands* 22: 451–466.
- Wilcove, D.S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips and E. Losos. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. Assessing the relative importance of habitat destruction, alien species, pollution, overexploitation, and disease. *BioScience* 48: 607–615.
- Wisser, S.K., R.B. Allen, P.W. Clinton, and K.H. Platt. 1998. Community structure and forest invasion by exotic herb over 23 years. *Ecology*, 79: 2071–2081.
- Woo, I. and J.B. Zedler. 2002. Can nutrients alone shift a sedge meadow towards dominance by the invasive *Typha X glauca*? *Wetlands* 22: 509-521.
- Zedler, J.B. and S. Kercher. 2004. Causes and consequences of invasive plants in wetlands: opportunities, opportunists, and outcomes. *Crit Rev Plant Sci* 23: 431–452.
- Zedler, J. B. 2003. Wetlands at your service: reducing impacts of agriculture at the watershed scale. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 65-72.

DISCUSIÓN GENERAL

IX. DISCUSIÓN GENERAL

El incremento en el aporte de nutrientes que llegan directamente a los humedales favorece la pérdida de muchas especies a través de los años, sin embargo son pocos los estudios realizados que documentan este fenómeno para los humedales mexicanos y en especial para los sistemas acuáticos de Michoacán. En los humedales del Lago de Pátzcuaro, García (1990) realizó un estudio de la vegetación, en donde se reportaron 34 especies de hidrófitas arraigadas emergentes, a la fecha en el presente estudio sólo se encontraron 20 especies, donde es importante resaltar que de las 20 especies, el género *Typha* es el más abundante, y de las otras especies sólo se encuentran manchones y en algunas zonas en tanto que *Typha sp.*, se ha vuelto sobre dominante.

Para los humedales del Lago de Zacapu sabemos que la extensión de estos ha disminuido considerablemente, sin embargo no se cuenta con la información previa de algún estudio detallado sobre las especies nativas de este humedal, a la fecha sus humedales se encuentran en un estado deteriorado y bajo un alto grado de perturbación antropogénica, donde *Typha sp.*, empieza a ser la especie más abundante en comparación con las otras especies.

Finalmente los humedales del manantial de la Mintzita son los que presentan un menor grado de perturbación, sin embargo los resultados obtenidos son alarmantes, ya que en el 2005, año en que se inició el estudio se colectaron 35 especies, desapareciendo 9 especies para finales del 2006 en el área estudiada, lo cual nos indica que el incremento en las perturbaciones (principalmente incendios) están favoreciendo el incremento de *Typha sp.*, y esto hace que otras especies estén desapareciendo.

Sin embargo en el manantial de la Mintzita aun se colectó *Carex sp.*, especie que sólo se encuentra en sitios que no están sujetos a perturbación antropogénica continua (Werner & Zedler, 2002). Por su parte Cronk, 1996, menciona que *Typha sp.*, es una especie capaz de retener altas concentraciones de nutrientes y proliferar de manera exitosa, dato que se ve

DISCUSIÓN GENERAL

reflejado en los resultado, ya que los humedales del Lago de Pátzcuaro son los más ricos en nutrientes, seguidos por los de Zacapu y finalmente los del manantial de La Mintzita.

Una vez analizado lo que sucedió en campo y comparándolo con los resultados obtenidos de manera experimental mediante un ensayo de mesocosmos, se corrobora la tendencia en el incremento de los nutrientes como lo son el N y el P, los cuales favorecen el incremento en cobertura y biomasa de *Typha sp.*, y que esta especie puede llegar a desplazar a especies que no tienen la capacidad de ser tan eficientes para la captura de nutrientes.

Es por lo anterior de que de seguir incrementándose los aportes de nutrientes en los humedales del manantial de La Mintzita tendía una tendencia similar a lo que sucede en los humedales del Lago de Pátzcuaro, donde hay pérdida de especies y sólo en algunos sitios logran sobrevivir, en el caso del Lago de Zacapu, la perdida de especies también es por incremento en los nutrientes, pero principalmente se están viendo afectados por el cambio de uso de suelo.

X. PERSPECTIVAS Y/O RECOMENDACIONES

- Seguir monitoreando la dinámica de estos sistemas, para así poder dar un seguimiento y poder llevar a cabo mejores planes para la conservación.
- Continuar estudiando el humedal de La Mintzita, para tratar de revertir un poco el grado de perturbación, y con eso evitar a que se convierta en un humedal monotípico.
- Implementar trabajos conjuntos con las comunidades más cercanas a los humedales para la conservación de estos.
- Realizar algún estudio para conocer el impacto de los incendios como mecanismo de perturbación.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

XI. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Baskin, Y. 1994. "Ecosystem function of biodiversity". *Bioscience* 44:657-660.
- Bedish, J.W. 1967. "Cattail moisture requirements and their significance to marsh management" *The American Midland naturalist*. 78(2):288-300.
- Barrera, B.N. 1986. "La cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán: Aproximación al análisis de una región natural" Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. Universidad Autónoma de México.
- Caballero, J. N. Barrera, A. Lot y C. Mapes. 1981. Excursión a la cuenca de Pátzcuaro en: *Guías botánicas en Excursiones en México*, V Congreso Mexicano de Botánica. Morelia Michoacán. Sociedad Botánica de México. 79-91.
- Cabrera, G.A. 2003. "Suelos" Cap. II Geografía física. Atlas Geográfico del estado de Michoacán. UMSNH. Colmich. SEP Michoacán. EDDISA S.A. Segunda edición. 454 pp.
- Callaway, J.C., J.B. Zedler, y D.L. Ross. 1997. "Using tidal salt marsh mesocosms to aid wetland restoration. *Restoration Ecology* 5:135-146.
- Chacón. T.A. 1993, "Pátzcuaro un Lago Amenazado, Bosquejo Limnológico" Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editorial Universitaria. Morelia Michoacán. 144 pp.
- Chapin, F.S., O.E., I.C. Sala, J.P. Burke, D. U. Grime, W. K. Hooper, A. Lauenroth, H. A. Lombard, A.R. Mooney, S. Mosier, S. W. Naeem, J. Pacala, W.L. Roy, L. Steffen y D. Tilman. 1998. "Ecosystem consequence of changing biodiversity; experimental evidence and research agenda for the future". *Bioscience* 48:45-52.
- Clement, B. y E. Maltby. 1996. "Plant diversity and ecological variables in moist and wet grasslands of riverine wetlands." *Acata Botanica Gallica*. 143:309-316.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Comin, F.A., J.A. Romero, O Hernández y M. Menendez. 2001. Restoration of wetlands from abandoned rice fields for nutrient renewal, and biological community and landscape diversity” Restoration Ecology 9:201-208.
- CETN. 1997. Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETN). Cartas topográficas E14A21 y E14A22. 1:50,000. Secretaría de programación y Presupuesto. México.
- De, S.F.A., D.P. Batzer y V.H. Resh. 1996. “Mesocosm and macrocosm experiments to examine effects of mowing emergent vegetation on wetland invertebrates. Environmental Entomology 25:303-309.
- Díaz, M.M. 1997. “Diagnóstico del estado trófico de la Laguna de Zacapu, Michoacán”. Tesis de maestría en Ciencias (Especialidad en Ecología). Instituto Politécnico Nacional. México.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen, 4ª edición, CETENAL. México. 213 pp.
- Hey, D.L. 2002. “Nitrogen farming: Harvesting a different crop” Restoration Ecology. 10:1-10.
- Hooper, D.U. y P.M. Vitousek. 1997. “The effects of Plant composition and Diversity on Ecosystem processes” Science 277:1302-1305.
- Horne, A.J. y C.R. Goldman. 1994. “Limnology”. 2nd Editon. Mc Graw-Hill. New York, 408-433 pp.
- INEGI. 1985. “Carta hidrológica de aguas subterráneas”, Morelia, E14-1. Michoacán, México.
- INEGI. 1998. “Carta Topográfica” Zacapu, E14A11. Escala 1:50,000. Michoacán, México.
- INEGI. 1998. “Carta Topográfica” Morelia, E14-1. Escala 1:250,000. Michoacán, México.
- Johnson, K.H., K.A. Vogt, H.J. Clarck, O.J. Schitz y D.J. Vogt. 1996. “Biodiversity and the productivity of ecosystems”. Trens in ecology and Evolution 11:372-377.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Kadlec, R.H. y R.L. Knight. 1996. "Treatment Wetland". CRC Press. Boca Raton, USA.
- Lusby F.E., M.M. Gibbs, A. B. Cooper y K. Thompson. 1998 "The fate of groundwater ammonium in a lake edge wetland". Journal of Environmental Quality 27:459-466.
- Madero, Alida. 2000. "Humedales mexicanos" www.wpti.org.
- Madrigal, S.X. 2003. "Flora". En Madrigal, S.X. Cap. VI. Flora y Fauna. Atlas Geográfico del estado de Michoacán. UMSNH. Colmich, Sep Michoacán. EDDISA S.A. Segunda edición. 454 pp.
- Martino, P. 1989. "Curso básico sobre eutroficación". Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Mayo 1989. Washington. U.S.A. 69 p.
- Martin, J. F., y K. R. Reddy. 1997. "Interaction and spatial distribution of wetland nitrogen processes". Ecological Modelling 105:1-21.
- Reddy, K.R. y W.H. Patrick. 1984. "Nitrogen transformations and loss in flooded soils and sediments" CRC Critical Review in Environmental Control 13:273-309.
- Rodríguez y Guevara. 2000. "Angiospermas" Catálogo de la Biodiversidad en Michoacán". SEDUE. 103-152.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2004. "Definiciones y Conceptos sobre Humedales" Coordinación de Conservación de la Biodiversidad. www.medioambiente.gob.ar.
- Shear, H., 2001. "Técnicas específicas de remediación para la rehabilitación de lagos". 2º Curso-Taller Internacional sobre Rehabilitación de Lagos y Ecosistemas Estuarinos." Departamento de medioambiente de Canada-Toronto.
- Skoog, D. A., D. M. West y F.J. Holler. 1995. "Química analítica" Sexta edición. McGraw-Hill. México.
- Svengsouk, L.J. y W.J. Mitsch. 2001. "Dynamics of mixtures of *Typha latifolia* and *Schoenoplectus tabernaemontani* in Nutrient-enrichment Wetland experiments. The American Midland Naturalist 145:309-324.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Symstad, A.J. 2000. "A test of the effects of functional group richness and composition on grassland invisibility" *Ecology* 81:99-109.
- Toledo, V.M., J.Caballero, C. Mapes, N. Barrera, A. Argueta y M.A. Nuñez. 1980. "Los purépechas del lago de Pátzcuaro: una aproximación ecológica". *América Indígena*. México. 40(1):15-55.
- Wetzel, R. y G. Likens. 1979. "Limnological analyses". Saunders Co. Boston. U.S.A. 357 p.
- Wilcox, D.A. 1995. "Wetland and aquatic macrophytes as indicators of anthropogenic hydrologic disturbance" *Natural Areas Journal*. 15(3), 240-248.
- Woo, I. y J.B. Zedler. 2002 "Can nutrients alone shift a sedge meadow towards dominance by the invasive *Typha x glauca*?" *Wetlands* 22 (3) 509-521.
- Zedler, J.B. 2001 "Handbook for restoring tidal wetlands" CRC Press.
- Zedler, J.B. 2003. "Wetlands at your service: reducing impacts of agriculture at the watershed scale" *The Ecological Society of America* 1(2), 65-72.